COLLOQUE
INTERNATIONAL

# Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif

(RÉSUMÉS)

Université
du Québec
à Montréal

CIRADE

Université du Québec à Montréal
6, 7, 8, 9 septembre 1988

CIRADE

Centre
interdisciplinaire
de recherches
sur l'apprentissage
et le développement
en éducation

Niveau(x) d'enseignement: 0 Numéro EDUQ : 6870798
Centre d'intérêt: 072

---

Colloque international Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif (1988 : Université du Québec à Montréal).

Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif : résumé des présentations / Colloque international, CIRADE, Université du Québec à Montréal, 6, 7, 8, 9 sept. 1988. -- [Montréal] : UQAM, CIRADE, [1988?]. 133 p. ; 28 cm.

Vedette(s)-secondaire(s): Université du Québec à Montréal. Centre interdisciplinaire de recherches sur l'apprentissage et le développement en éducation

---

Descripteur(s): Epistémologie * Conflit * Développement cognitif * Formation de concepts

Identificateur(s) de sujet: Obstacle épistémologique * Conflit socio-cognitif

---

Le document contient les résumés des présentations qui ont été faites lors du colloque. Il est divisé en sept parties: 1. trois résumés des interventions au panel d'introduction dont le thème était: "Les notions d'obstacle épistémologique, de conflit cognitif et socio-cognitif dans le développement et l'élaboration de concepts"; 2. quatre résumés d'interventions au panel 2, "Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif: relations"; 3. trois résumés d'interventions au panel 3, "Les conséquences sur l'intervention pédagogique de notions d'obstacle épistémologique et de conflit socio-cognitif"; 4. les résumés de six interventions autour du thème A: "La notion d'obstacle épistémologique: clarification de la notion et de son rôle dans l'apprentissage et le développement"; 5. les résumés de deux communications autour du thème B: "Les notions de conflit cognitif et socio-cognitif: clarification et rôle dans l'apprentissage et le développement"; 6. les résumés de sept communications autour du thème C: "L'intervention pédagogique utilisant les notions d'obstacle et conflit"; 7. les résumés de onze posters ou présentations affichées.

---

Type de document: f

---

EDUQ
8870798

# COLLOQUE INTERNATIONAL

## " Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif "

CIRADE,
Université du Québec à Montréal

6, 7, 8, 9 septembre 1988

**RESUMES DES PRESENTATIONS**

# TABLE DES MATIERES

**Panel d'introduction**
**"Les notions d'obstacle épistémologique, de conflit cognitif et socio-cognitif dans le développement et l'élaboration de concepts"** . . . . . 7

Difficultés conceptuelles, erreurs didactiques et vrais obstacles épistémologiques dans l'apprentissage des mathématiques
*Gérard Vergnaud* . . . . . 9

Phénomènes et situations matérielles. Quelles interprétations pour l'élève et pour le physicien?
*Andrée Tiberghien* . . . . . 15

Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique
*André Giordan* . . . . . 21

**Panel 2**
**"Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif: relations"** . . . . . 29

Obstacles épistémologiques et conflit socio-cognitif: relations
*Guy Brousseau* . . . . . 31

Terminologie
*Guy Brousseau* . . . . . 37

Les conditions d'évolution de conceptions d'élèves
*Samuel Johsua* . . . . . 43

Obstacle épistémologique et raisonnements en physique: tendance au contournement des conflits chez les enseignants
*Laurence Viennot* . . . . . 49

**Panel 3**
**"Les conséquences sur l'intervention pédagogique de notions d'obstacle épistémologique et de conflit socio-cognitif"** . . . . . 53

Des objectifs-capacités aux objectifs-obstacles
*Jean-Louis Martinand* . . . . . 55

Conséquences sur l'intervention pédagogique des notions d'obstacle et de conflit
*Anna Sierpinska* . . . . . 59

Instructional Approaches to Dealing with Conflicting Conception
*Lauren B. Resnick* . . . . . 65

**Communications - Thème A**
**"La notion d'obstacle épistémologique: clarification de la notion et de son rôle dans l'apprentissage et le développement"** . . . . . 67

La perdurance des obstacles épistémologiques: un révélateur de leur nature
*Samuel Johsua* . . . . . 69

Ontological Commitments in Learning Physics
*Lauren B. Resnick* . . . . . 71

A Cultural Approach to Epistemological Obstacles
*Anka Sierpinska* . . . . . 73

Difficulté dans l'apprentissage de la physique: la structuration du monde matériel en physique et dans la vie quotidienne
*Andrée Tiberghien* . . . . . 75

Obstacles épistémologiques à la notion de variable: perspectives historiques
*Claude Janvier, Louis Charbonneau* et *Sophie René de Cotret* . . . . . 79

Tendance à la réduction fonctionnelle: obstacle au savoir scientifique et objet de consensus
*Laurence Viennot* . . . . . 81

**Communication - Thème B**
**"Les notions de conflit cognitif / socio-cognitif: clarification et rôle dans l'apprentissage et le développement"** . . . . . 83

Le conflit cognitif chez Piaget: une interprétation
*Michael Schleifer* . . . . . 85

Nature et effets des oppositions dans des situations de co-résolution de problème entre pairs
*Agnès Blaye* . . . . . 87

**Communications - Thème C**
**"L'intervention pédagogique utilisant les notions d'obstacle et conflit"** . . . . . 89

Obstacle ontogénique, obstacle culturel dans l'homogénéisation de l'espace
*Guy Brousseau* . . . . . 91

Des relations additives aux relations multiplicatives: construction socio-cognitive de représentations de ces relations
*Odile Lemoyne* . . . . . 95

Obstacles épistémologiques et modèles de changement conceptuel dans l'apprentissage des sciences
*Jacques Désautels* . . . . . 97

Les nombres négatifs et l'introduction à l'algèbre
*Gérard Vergnaud* . . . . . 99

Situations conflictuelles expérimentées pour faire face à quelques obstacles dans une approche constructiviste de l'arithmétique au primaire
*Bernadette Janvier* et *Nadine Bednarz* . . . . . 101

L'utilisation du conflit socio-cognitif dans une pédagogie contribuant à la représentation du dynamisme en mathématiques
*Nadine Bednarz* et *Catherine Garnier* . . . . . 103

Problématisation des notions d'obstacle épistémologique et de conflit socio-cognitif dans le champ pédagogique
*Maria-Luisa Schubauer-Leoni* . . . . . 105

**POSTERS** . . . . . 107

Obstacles épistémologiques au développement du concept de fonction
*Sophie Roré de Cotret* . . . . . 109

De l'espace perceptif à l'espace représentatif, des obstacles épistémologiques?
*Richard Pallascio, Richard Allaire, Pierre Mongeau* et *Laurent Talbot* . . . 113

L'activité de représentation externe du problème comme déclencheur de conflit
*Diane Biron* . . . . . 115

Micro-monde, conflit et obstacle: ingrédients notionnels de quelques situations de re-construction de connaissances sur les nombres rationnels et les opérations algébriques
*Pascale Noun* . . . . . 119

Qu'advient-il des connaissances en mathématiques des enfants au cours de leur première année de scolarité
*Jacinthe Giroux* . . . . . 121

Obstacles inhérents à l'utilisation du symbolisme en mathématiques
*Ahmed Dalfe* . . . . . 123

Conceptions des élèves et des professeurs à propos de la notion de continuité d'une fonction
*Habiba El Bouazzaoui* . . . . . 125

Construction de notions algébriques élémentaires chez des élèves de sixième année: examen des obstacles et des conflits
*Jocelyne Lambert* . . . . . 127

Obvier à l'orthographe française
*Georges Farid* . . . . . 129

**Vers un système expert de reconstruction de la formation de base des étudiants en sciences de l'éducation**
*Jan Pulkiewicz* . . . . . 131

**Construction de la notion d'adversaire et conflit socio-cognitif dans l'apprentissage des sports de combat**
*Catherine Garnier* et *Dominique Mascioto* . . . . . 133

**Résumés des interventions**
**au panel d'introduction**

---

**"Les notions d'obstacle épistémologique,**
**de conflit cognitif et socio-cognitif**
**dans le développement et l'élaboration de concepts"**

# Difficultés conceptuelles, erreurs didactiques et vrais obstacles épistémologiques dans l'apprentissage des mathématiques

**Gérard Vergnaud**
**CNRS, Paris, France**

On peut identifier des difficultés de nature diverse dans l'apprentissage des mathématiques. Il est intéressant, non pas de tenter de les classer car nos connaissances sont encore trop fragmentaires pour cela, mais de repérer des cas suffisamment différents pour que ne se développent pas les généralisations abusives auxquelles il est tentant de succomber dans la recherche, par exemple en étiquetant obstacles épistémologiques des difficultés qui s'interprètent autrement.

Prenons l'apprentissage de la multiplication, comme concept et comme opération. Comme concept, la multiplication soulève plusieurs difficultés distinctes, notamment:

- la concaténation d'additions itérées (comme opérateur scalaire),
- le coefficient constant entre deux variables linéairement liées et son analyse comme quotient de dimensions,
- le produit cartésien de deux espaces de mesures.

Comme opération ou comme algorithme, elle soulève d'autres difficultés, par exemple:

- la décomposition additive du multiplicande et du multiplicateur,
- le contrôle de l'exécution, lorsque l'algorithme est suivi à la lettre, et lorsqu'il est remplacé par des raccourcis.

Un enfant qui, après avoir appris l'algorithme de la multiplication, continue à ajouter n fois le prix de l'objet qu'il achète en n exemplaires (16 francs + 16 francs + 16 francs + 16 francs + 16 francs au lieu de 5 fois 16 francs) manifeste par sa conduite soit qu'il ne maîtrise pas encore le sens de la multiplication et

l'économie qu'elle représente, soit qu'il ne maîtrise pas avec suffisamment de fiabilité l'exécution de l'opération de multiplication.

Un enfant qui, après avoir obtenu 12 objets par combinaison de 3 formes et de 4 couleurs, prévoit que l'adjonction d'une forme et d'une couleur se traduira par un objet supplémentaire, ou éventuellement 3 ou 4, a encore besoin de faire un "saut" important pour maîtriser la combinatoire de produit cartésien.

Enfin, dernier exemple, l'enfant qui ne comprend pas le décalage d'un cran lorsqu'il faut multiplier 217 par 101, n'a sans doute pas assimilé la décomposition du multiplicateur et la distributivité 101 fois 217 = 100 fois 217 + 1 fois 217.

Ces difficultés sont toutes sérieuses et supposent des "sauts" dans la compréhension de la multiplication, mais aucune ne me paraît constituer de véritable obstacle épistémologique, en ce sens que les conceptions nouvelles à former ne contrediseent pas véritablement les conceptions antérieures de l'enfant.

Il en va autrement pour d'autres types de difficultés, comme par exemple:
- la multiplication et la division par un nombre plus petit que un;
- la possibilité de diviser un nombre plus petit par un nombre plus grand.

Les "découvertes" que doit alors faire l'élève, entrent en effet en contradiction avec une conception bien assise, renforcée par toutes les activités antérieures sur les entiers, selon laquelle la multiplication donne un résultat plus grand et la division un résultat plus petit.

C'est donc une petite révolution intellectuelle que doit opérer l'élève. Cette révolution est souvent tardive (fin du collège).

Si l'on considère maintenant l'addition et la soustraction, le paysage est sensiblement différent, car les premiers obstacles épistémologiques me paraissent intervenir dès les premières années de l'école élémentaire, lorsque l'enfant doit rejeter l'idée que l'addition est toujours associée à une augmentation

et la soustraction à une diminution. C'est notamment à ce problème que se heurte l'élève lorsqu'il doit rechercher un état initial, connaissant la transformation et l'état final: il lui faut alors en effet "soustraire l'augmentation" ou "rajouter la diminution".

Outre le fait que cela implique une opération de pensée relativement complexe (l'inversion de la transformation directe), il me paraît que c'est aussi une petite révolution intellectuelle pour l'enfant que de décider de faire une addition quand on a perdu des billes, dépensé de l'argent, ou mangé des bonbons.

La soustraction-complément (que faut-il ajouter à la partie connue pour trouver le tout?), et la soustraction-différence (différence entre deux états connus) ne me paraissent pas relever du concept d'obstacle épistémologique, en dépit du fait qu'elles représentent des opérations de pensée plus complexes que la soustraction comme perte, comme dépense, ou comme consommation.

Par contre lorsque se présentent des problèmes impliquant la composition de deux transformations, et surtout la décomposition d'une transformation en deux transformations, deux obstacles successifs apparaissent. Le premier concerne le cas dans lequel la transformation composée connue et la transformation élémentaire connue sont de même signe: la recherche de l'autre transformation élémentaire ne soulève pas de difficulté si la valeur absolue de la composée est plus grande, mais les problèmes commencent si la valeur absolue de la composée est plus petite que celle de la transformation élémentaire, car il faut alors soustraire les valeurs absolues dans le sens contraire de celui qui est habituel pour les grandeurs:

*partie - tout* au lieu de *tout - partie*

la situation est pire encore si les deux transformations sont de signe contraire, puisqu'il faut alors ajouter les valeurs absolues. Algébriquement en effet:

$$x + (+17) = (-6)$$

$$x = (-6) - (+17) = -(6 + 17)$$

Le choix de faire une addition (des valeurs absolues) alors que l'intuition développée par les apprentissages antérieurs sur la décomposition des grandeurs conduirait à faire une soustraction, constitue probablement l'obstacle épistémologique le plus difficile à surmonter de toute l'arithmétique élémentaire. C'est d'ailleurs seulement avec le concept de nombre relatif qu'il est possible de donner une représentation complète et cohérente du problème. On sait aussi que la soustraction de deux relatifs de signes contraires fait justement problème jusqu'à la fin de la classe de troisième (9ème grade) et au-delà.

Ce dernier exemple me conduit tout naturellement à l'algèbre. L'algèbre représente à l'évidence une rupture par rapport à l'arithmétique, en particulier parce que le contrôle du sens des opérations faites ne se fait plus avec les mêmes moyens.

Dans l'arithmétique, on procède en général par une analyse régressive qui va de la grandeur ou de la relation à calculer, vers les grandeurs ou les relations qu'il faudrait connaître pour effectuer ce calcul, et on réitère cette analyse jusqu'à ce qu'on tombe sur des grandeurs et des relations connues. Dans la solution arithmétique d'un problème, on peut toujours identifier ce qu'on est en train de calculer.

Dans l'algèbre, on procède d'abord à une mise en équation et on s'en remet ensuite à des scripts-algorithmes; dans l'exécution de ces algorithmes il vaut mieux ne pas s'interroger sur le sens "physique" des calculs effectués. Le contrôle du sens relève alors principalement de la conservation des égalités sous certaines transformations, et de l'enchaînement judicieux des étapes pour se rapprocher du but (isoler [illegible]nue d'un seul côté du signe d'égalité, faire disparaître une ou plusieurs [illegible]ues...). C'est typiquement une conduite de détour. Mais la question [illegible]it demeurer ouverte de décider s'il existe de vrais obstacles épistémolo[illegible]s dans ce détour ou seulement des difficultés conceptuelles: opérer sur une valeur indéterminée, concepts de fonction et de variable, etc.

En conclusion, il me paraît intéressant d'analyser dans le détail les différentes difficultés que rencontrent les élèves au cours de l'apprentissage des mathématiques. Certaines de ces difficultés tiennent seulement au fait qu'il existe des sauts de la pensée, sans que ces sauts entrent violemment en contradiction avec les conceptions et les compétences antérieurement formées. D'autres, par contre, sont à l'évidence des obstacles épistémologiques importants et durables. On ne "saute" pas un obstacle épistémologique, on l'analyse pour changer de conception et comprendre la relation de la conception nouvelle à former avec la conception antérieure.

La manière dont les mathématiques sont enseignées peut rendre plus aisé ou plus malaisé le franchissement de ces obstacles et il existe des manières d'enseigner qui renforcent les obstacles épistémologiques, au lieu d'en faciliter le franchissement. On peut alors parler d'obstacle didactique. Un exemple est celui de la théorisation qui accompagne chez certains enseignants le travail sur les entiers naturels, lorsqu'ils interdisent par exemple la possibilité de soustraire le plus grand du plus petit, et considèrent pour acquis que les nombres ne peuvent être associés qu'à des collections ou à des grandeurs, mais pas à des transformations ou à des relations.

L'analyse des erreurs didactiques, et de leur signification au regard de ce qui est dit plus haut (obstacle versus simple difficulté conceptuelle), peut être d'un grand intérêt pour la recherche. Une erreur didactique grave concerne le rôle des représentations symboliques dans l'enseignement élémentaire: simple reflet d'une relation pensée et d'une solution trouvée préalablement, plutôt que moyen de trouver la solution, par transformation quasi-syntaxique des relations données.

Pourtant cette erreur didactique, pour autant qu'elle soit représentative de ce que font certains enseignants, ne me paraît pas devoir être considérée comme susceptible de constituer un obstacle didactique véritable. En effet, la conduite de détour par une représentation symbolique n'a pas été véritablement écartée, elle n'a simplement pas été amorcée alors qu'elle aurait pu l'être.

# Phénomènes et situations matérielles. Quelles interprétations pour l'élève et pour le physicien?

**Andrée Tiberghien**
**CNRS-IRPEACS, Lyon, France**

## Introduction

Le but de cette intervention est de poser quelques questions sur les conditions d'un conflit cognitif ou socio-cognitif dans l'apprentissage de la physique avec des élèves de 10 à 16 ans. Nous analyserons des conditions préalables à un conflit cognitif ou socio-cognitif et nous donnerons un exemple de dépassement. Tout d'abord, pour nous il y a conflit cognitif quand plusieurs propositions alternatives sont simultanément prises en compte par l'apprenant. Ces propositions ne sont alternatives que si elles répondent à la même problématique (ou au moins à des problématiques qui se recouvrent).

## Conditions préalables à un conflit cognitif ou socio-cognitif

Prenons un exemple issu d'une recherche concernant l'enseignement des changements d'état au cours de la première année du premier cycle de l'enseignement secondaire (12-13 ans). Les questions habituellement posées et/ou que nous avons posées dans l'enseignement réalisé au cours de la recherche sont:

- Que se passe-t-il quand on chauffe (ou quand on refroidit ou quand on laisse à l'air ambiant) telle ou telle substance?
- A quelle température l'eau bout, la glace fond ...?
- Quel est l'état de telle ou telle substance à une température donnée?

Notre analyse des réponses met en évidence deux catégories, l'une issue des élèves, l'autre issue du contenu d'enseignement. Nous avons fait l'hypothèse d'une structure de connaissances interprétant les réponses d'une majorité d'élèves. Cette structure établit des liens, par l'intermédiaire d'une relation causale simple, entre une série de substances et une série d'événements possibles. La cause, par

exemple la source de chauffage, permet un effet, un changement pour la substance (nature, aspect, ...). A une substance donnée ou une catégorie de substances correspond une série possible d'événements (si on chauffe alors l'eau devient chaude et bout, le fer devient chaud et rougit, le bois brûle, ...). Dans cette structure de connaissances, **il n'y a pas de loi générale** permettant de catégoriser les différents effets indépendamment de la substance et plus généralement d'une situation matérielle donnée.

Dans le contenu d'enseignement, la structure est bien différente. Il affirme qu'il y a deux types de transformations:

- les transformations physiques avec conservation de la substance et
- les transformations chimiques qui ne conservent pas la substance mais la quantité de matière.

Dans le cas des transformations physiques, il y a trois états: solide, liquide, gazeux et cela quelle que soit la substance. L'état de la substance dépend des conditions de température et de pression. Lors du changement d'état, c'est-à-dire quand il y a coexistence de deux phases, la température est constante, sa valeur est une caractéristique de la substance[1].

Si apparemment ces deux structures de connaissances répondent aux mêmes questions, elles ne se situent pas dans la même problématique. L'approche correspondant à la première structure est cas par cas (ici par substance ou par catégorie de substances), c'est celle de la vie quotidienne, elle est très efficace dans la mesure où elle répond à un type de questions liées à l'action (Guidoni, 1985), on ne fait pas chauffer une substance pour vérifier une hypothèse mais pour réaliser quelque chose (un plat cuisiné par exemple). Le but est le succès de l'action, ce n'est pas la prédictibilité sur un large domaine expérimental. Ainsi ces deux structures de connaissances ne relèvent pas des mêmes champs de pratique, lesquels n'obéissent pas aux mêmes règles de cohérence.

Or il ne peut y avoir reconnaissance d'un conflit que si l'apprenant a une nécessité de cohérence. Si cette nécessité est à un niveau local, il y a très souvent adaptation des nouveaux acquis dans les structures existantes. Par exemple, c'est

[1] pour une pression donnée, mais ceci est implicite dans le contenu d'enseignement

souvent le cas quand un élève prévoit que la température va augmenter quand on continue à chauffer de l'eau qui bout et qu'il constate que l'indication du thermomètre reste fixe. L'élève peut résoudre cette contradiction dans sa propre structure de connaissances. Pour lui, la stabilité de la température est un événement supplémentaire qui arrive à certaines substances quand on les chauffe, c'est la température maximum qu'elles peuvent atteindre. Dans ce cas nous considérons qu'il n'y a pas conflit, la contradiction a été résolue à un niveau local d'interprétation. Cette approche est fréquente dans la vie quotidienne. Dans ce cas il nous semble que la notion de conflit n'est pas pertinente. Dans la pratique scientifique, la cohérence relève de la théorie. Comme les principes et les lois, elle n'est pas extraite de l'observation de la nature. Cette cohérence est le produit d'une construction intellectuelle posée au départ. Elle relève d'une exigence épistémologique. Cet engagement épistémologique ne constitue-t-il pas un des obstacles épistémologiques à l'apprentissage scientifique?

*Note: Dans cette analyse nous n'abordons que deux types de problématique, sans pour autant nous situer dans une dichotomie des pratiques: pratique quotidienne, pratique scientifique. Parmi les pratiques des élèves, il y a en particulier celle relevant du contrat didactique. Il s'agit des productions fournies dans la logique de l'institution scolaire. Par exemple suivant le système de notation, la logique des réponses peut radicalement changer. Il n'est alors pas pertinent de chercher la cohérence des réponses par rapport au domaine disciplinaire.*

**Un exemple de dépassement de conflits cognitifs ou socio-cognitifs dans l'élaboration de concepts**

Nous abordons le cas d'un obstacle épistémologique majeur dans l'apprentissage de la physique: le passage de l'interprétation en terme d'une seule grandeur avec des propriétés fluctuantes à celui en termes de plusieurs grandeurs mises en relations. L'exemple que nous proposons porte sur les circuits électriques (Koumaras et al., to be published). Il s'agit d'une situation destinée à aider les élèves à réorganiser les connaissances acquises dans le domaine de l'électrostatique et celui de l'électrocinétique.

La question posée à propos des deux expériences ci-dessous était: "laquelle des deux piles sera usée d'abord? Justifiez" (dans les deux cas on suppose que les piles sont identiques).

Nous allons succinctement analyser à quelles conditions cette situation a pu permettre de dépasser un conflit cognitif et/ou socio-cognitif.

- ***Compréhensibilité des propositions***

Pour que cette situation permette un dépassement, il faut que les élèves se soient déjà largement familiarisés avec les montages piles ampoules et connaissent les grandeurs énergie, intensité, potentiel et résistance au moins partiellement. C'est à cette condition que répondent les étapes préalables de familiarisation et d'introduction des aspects électrocinétiques et électrostatiques.

- ***Même problématique***

Il faut également que les élèves aient acquis la notion de conservation du courant. Dans ce cas, les prévisions sont souvent: "Certainement le montage avec pile et ampoule. Le court-circuit n'a pas d'ampoule pour consommer le courant. Le courant revient à la pile donc le courant reste le même. Avec le court-circuit la pile ne s'usera jamais". Si pour interpréter ces deux situations, l'élève ne reprend plus à son compte la propriété de conservation du courant, alors il n'y a plus conflit. En effet, l'élève revient à une seule grandeur (nommée courant, électricité ou énergie) qui a des propriétés fluctuantes et qui permet donc de répondre localement à la plupart des questions. Aborder le conflit nécessite l'engagement épistémologique de rechercher **la cohérence à l'intérieur de la théorie** partiellement acquise.

- **Propositions fructueuses**

Quand les élèves dépassent leurs connaissances parcellaires, on obtient des nouvelles interprétations, comme par exemple celle donnée ci-dessous par un élève après la séance: "(dans le cas du court circuit) la pile sera usée d'abord... parce qu'il n'y a pas de résistance. Tant qu'ils ne trouvent pas de résistance, les électrons iront plus vite. On a dit que dans la pile il y a des réactions chimiques. Et comme la pile essaie plus vite de pousser les électrons pour qu'ils se déplacent, dans le cas du court circuit elle s'arrêtera d'abord". Nous reprenons à notre compte ici une des conditions proposées par Posner et al. (1982), la proposition doit paraître fructueuse à l'apprenant, sinon elle ne sera pas opératoire.

**Références**

Guidoni, P. 1985. On natural thinking. European Journal of Science Education. 7(2), pp. 133-140.

Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W. & Gertzog, W.A. 1982. Accomodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. Science education, vol. 66, pp. 211-227.

Koumaras, P., Pellos, D. & Tiberghien, A. Didactical transposition and pupils' learning. Paper presented at the internationa semina: Adolescent development and school science, London Sept. 1987. To be published in the proceedings.

# Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique

**André Giordan**
**LDES, Université de Genève, Suisse**

Durant sa période de balbutiement, la réflexion didactique s'est le plus souvent référée aux travaux de Piaget. Elle s'est également inspirée - en particulier chez les anglo-saxons - des études de Bruner, Kelly, Ausubel. Depuis une dizaine d'années, les grandes théories du développement sont généralement abandonnées, laissant le champ ouvert à de nouveaux travaux et à de nouvelles interprétations.

Ainsi, en parallèle à la psychologie cognitive et à l'intelligence artificielle, le courant se réclamant de la psychologie sociale s'efforce de situer de façon incontestable certains acquis et de développer des approches pertinentes pour la didactique, comme celles de "conflit cognitif", mais aussi "décodage-encodage", "décontextualisation-recontextualisation", "objectivation-ancrage".

Dans les milieux francophones, une autre piste a été exploitée historiquement. Elle est issue des écrits de Bachelard, et en particulier de son idée d'"obstacle épistémologique"[1]. Il en a découlé également un certain nombre d'idées significatives sur le développement et l'élaboration des concepts.

C'est ce dernier point que nous développerons prioritairement dans ce papier, en mettant en avant les aspects dont on a pu déduire certaines conséquences pédagogiques ainsi que les limites.

---

[1] Les origines de ce concept didactique sont plus anciennes et multiples puisqu'on trouve au préalable des idées similaires dans la pédagogie dite "négative" préconisée par Rousseau, dans l'apprentissage par "essais et erreurs" de Tornhdike ou chez différents tenants des pédagogies dites "actives" dont Freinet avec l'idée du tâtonnement expérimental.

Nous terminerons cette étude en proposant des éléments pour un nouveau modèle d'apprentissage, plus significatif au niveau de la pratique, appelé: **modèle d'apprentissage allostérique.**

Pour Bachelard, l'école n'est pas le seul lieu d'acquisition d'un savoir. Les élèves sont loin d'être ignorants avant une séquence d'enseignement, ils possèdent déjà sur l'objet enseigné un certain nombre d'informations plus ou moins organisées. Bachelard présuppose, en effet, qu'avant la connaissance scientifique, la tête de l'élève n'est pas "vide", elle possède déjà une certaine structuration initiale de l'expérience, de l'intuition ("les ténèbres ne sont pas vides mais structurées").

La connaissance scientifique ne "commence pas à zéro", elle se heurte à une connaissance empirique préexistante chez l'apprenant. Les idées des élèves jouent donc un rôle dans la construction du savoir, elles sont autant d'obstacles à la conceptualisation.

Ainsi, pour Bachelard et ses adeptes, l'erreur est au point de départ des procédures d'élaboration des concepts[2]. Dès lors, si les savoirs préalables sont ignorés, ils ne sont pas évacués mais seulement refoulés. Il advient alors que les connaissances apportées par l'enseignement sont seulement plaquées sur l'expérience initiale de l'apprenant et non point intégrées. L'élève n'acquiert essentiellement qu'une illusion de savoir qui se manifeste en particulier par l'application stéréotypée de recettes, d'algorithmes ou l'utilisation de phrases vides de sens.

Cette conception a débouché sur des pédagogies de la "réfutation", dépassant en cela la pensée de Bachelard qui ne prônait qu'une "psychologie de l'erreur, de l'ignorance ou de l'irréflexion" ou au mieux qu'un enseignement de la "rectification" ("une découverte objective est immédiatement une rectification subjective").

---

[2] Ces dernières ne correspondent pas seulement à un accident de parcours, elles ne sont pas uniquement dues à ce qui est extérieur au savoir, mais elles apparaissent par "l'action même de la connaissance", comme le précise Canguilhem.

En effet, à partir de son expérience quotidienne au contact des objets, des situations et des informations glanées, l'apprenant se constitue des conceptions[3]. Ces conceptions ont une certaine cohérence dans son esprit, elles lui suffisent grandement pour interpréter les faits rencontrés, pour résoudre les questions qu'il se pose: il ne cherche donc pas à les abandonner pour accepter le savoir savant fourni par l'enseignant ou le médiateur.

Dans un processus de conceptualisation, on ne peut se contenter d'ignorer ces représentations. Il apparaît alors nécessaire de les prendre en compte et de les dépasser.

Dans ses applications les plus significatives sur le plan de l'apprentissage des concepts scientifiques, les méthodes qui font explicitement référence au concept d'"obstacle épistémologique" débutent le plus souvent par une phase d'expression des connaissances préalables des apprenants. Parfois se surajoute une phase de prise de conscience explicite des représentations par les élèves eux-mêmes.

A partir de là, de nombreuses variantes ont été préconisées et exploitées. Parmi celles-ci, quatre ont plus particulièrement été utilisées.

Pour certains, seul le maître peut alors agir, après cette phase d'expression qui lui a permis de connaître (ou de reconnaître) les conceptions pertinentes à la situation éducative. D'abord, il va chercher par une argumentation appropriée à remettre en cause ces dernières dans le but de les détruire puis, une fois effectuée cette sorte de "catharsis" des idées préalables qui encombrent l'esprit de l'apprenant, le maître propose le message adéquat.

Pour d'autres, seul le dialogue contradictoire que permet le groupe d'élèves peut permettre de "purger" les connaissances initiales. Dans ce cas, le maître se

---

[3] Nous les désignerons par le terme de "conception", plutôt que par "représentation" pour éviter les confusions de sens, dues aux multiples connotations qu'a pris ce dernier en psychologie. Nous utilisons uniquement le terme de représentation, en tant que synonyme afin d'éviter les répétitions.

préoccupe d'abord de proposer des situations induisant des oppositions de pensée. Dans le même temps, il tente d'exploiter au mieux les divers conflits cognitifs réellement éprouvés par les apprenants.

Pour d'autres encore, après la phase d'expression des représentations, l'enseignant fournit le savoir souhaité. Puis dans une troisième étape, il propose une situation de mise en regard du savoir scientifique avec les conceptions préalables, afin de montrer aux élèves le "décalage existant entre leur savoir et la réalité" et leurs opérationnalités respectives.

D'autres enfin préconisent de mettre les formés en situation d'explorer les représentations qu'ils possèdent. Puis, le groupe avec l'aide du formateur, essaie de parvenir au concept scientifique, par un travail sur ces représentations. Pour favoriser cette évolution, l'enseignant cherche à utiliser les ressources multiples de l'expérience pratique et professionnelle des membres du groupe pour parvenir au savoir scientifique par une série de corrections successives[4].

De telles pratiques ont certes leur raison d'être, toutefois chacune ne semble adaptée qu'à certains moments ou pour certains types d'apprentissage. Un certain nombre d'évaluations que nous avons entreprises avec différents publics montrent que ces tentatives pédagogiques ne peuvent pas être généralisées avec un niveau de succès constant. De fait, elles apparaissent le plus souvent limitées. Différentes raisons peuvent être évoquées pour expliquer cela, elles tiennent soit aux conditions de leur utilisation, soit, de façon plus profonde, à certains présupposés cognitifs insuffisamment fondés.

Certes, on ne peut plus aujourd'hui ignorer les savoirs préalables des élèves. Toutefois, il est nécessaire de dépasser tout à la fois, les pédagogies fonctionnant "contre" les représentations, et les pédagogies fonctionnant sur le "avec"[5].

---

[4] On aboutirait au moins à une "formulation conceptuelle à travers un langage commun, en utilisant des termes acceptés par tous".

[5] Nous avons montré par ailleurs que les pédagogies qui s'appuient uniquement sur les conceptions sont également limitées: il n'y a pas de prolongement linéaire direct entre les conceptions et les concepts scientifiques (voir André Giordan et Gérard De Vecchi, 1987).

L'hypothèse que nous formulons alors suppose que le développement et l'élaboration des concepts se situent interactivement dans le prolongement des acquis antérieurs (qui fournissent le cadre de questionnement et les éléments de référence) et par rupture - ou du moins par détour - à ceux-ci. On connaît à la fois "grâce à" (Gagné), "à partir de" (Ausubel), "avec" (Piaget) nos savoirs antérieurs et, en même temps, on apprend "contre" (Bachelard) ces derniers.

De plus, cette conceptualisation se fait sur un temps relativement long, par une série d'approximations successives que nous appellons **paliers d'intégration** où l'ensemble de la structure mentale de l'individu est réorganisé d'une nouvelle manière, selon une autre approche ("vision") de la réalité.

C'est ce processus conflictuel que nous nous proposons d'approfondir en situant la construction des concepts scientifiques dans le cadre d'une théorie de la connaissance approchée que nous appelons "théorie allostérique de l'appropriation".

Tout apprentissage significatif est, en effet, la résultante d'une activité **d'élaboration** d'un apprenant qui produit des significations à partir des conceptions mobilisées et en fonction des informations glanées dans les situations rencontrées.

Ces conceptions qui recouvrent un ensemble de questions, d'invariants opératoires, de cadres sémantiques et de références et de signifiants en interaction constituent une sorte de grille de lecture interprétative. Et les informations nouvelles sont alors intégrées ou pas, par le système de pensée de l'apprenant qui s'enrichit, éventuellement se transforme et transforme le problème pour constituer -dans le cas où il peut être réutilisé - un nouveau savoir.

Cette position, nous la partageons, bien sûr, avec de nombreuses écoles s'apparentant au constructivisme: c'est l'apprenant qui "construit" son savoir. Mais, à cela, il nous faut ajouter deux autres caractéristiques, à nos yeux fondamentales. Premièrement, les conceptions de l'apprenant ne correspondent pas uniquement à des images de la réalité; elles ne lui servent pas seulement de support sur lequel viennent se sédimenter d'autres savoirs, elles constituent les

"structures d'accueil" qui permettent de fédérer de nouvelles informations. Elles jouent donc un rôle d'intermédiaire: l'apprenant va élaborer son savoir dans une interaction entre ces conceptions et les informations qu'il peut se procurer à travers elles.

Les conceptions ne sont donc pas seulement le point de départ, ou le résultat de l'activité, elles sont les instruments mêmes de cette activité, et en retour elles se remodèlent constamment: la nouvelle information doit être mise en relation avec les structures préexistantes dont dispose l'apprenant.

Ausubel avance, à ce propos, l'idée intéressante de "ponts cognitifs" que Novak reprend sur le plan pédagogique. Piaget regroupe ce mécanisme sous les idées d'"assimilation" ou d'"abstraction réfléchissante". Il nous semble nécessaire aujourd'hui d'aller plus loin encore et de parler d'une véritable élaboration de type "allostériques", pour prendre également une analogie biologique. Car dans le cas des apprentissages fondamentaux, un élément nouveau ne s'inscrit pas dans la ligne des connaissances antérieures; celles-ci représentent le plus souvent un obstacle à son intégration. Il faut donc une déformation intellectuelle qui débouche pour combler ce décalage, le plus souvent sur une transformation complète du réseau conceptuel de l'apprenant.

Pour réaliser cette dernière, il semble certes nécessaire d'ébranler l'édifice constitué par les savoirs familiers, mais il faut aussi - ce qui peut paraître contradictoire - s'appuyer sur ces derniers. En effet, comme nous le précisions plus haut, il est indispensable de prendre comme substrat les outils quotidiens de pensée que maîtrise l'apprenant. Or les conceptions correspondent aux seuls instruments à sa disposition: c'est à travers elles qu'il décode la réalité.

En même temps, il faut constamment remettre en cause ces dernières car celles-ci conduisent inévitablement à l'évidence et constituent ainsi un "filtre" de cette réalité. Ainsi, l'élève devra le plus souvent aller "contre" sa conception initiale mais il ne le pourra qu'en faisant "avec", et cela jusqu'à ce qu'elle "craque" en ayant exploité toutes ses possibilités d'utilisation.

A ce moment là, un nouveau modèle explicatif peut être envisagé, toutefois à ce niveau également, il ne pourra s'établir qu'à certaines conditions dont nous brosserons l'inventaire[6] et il ne sera opératoire que s'il peut être à son tour mobilisé.

[6] Sur le plan didactique, nous montrerons que tout un environnement est à mettre en place pour créer les conditions favorables aux processus de conceptualisation.

# Résumés des interventions au panel 2

---

## "Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif: relations"

# Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif: relations

**Guy Brousseau**
**Université de Bordeaux, France**

## I. Obstacles et leurs origines

**1.1.** Il est inévitable que l'apprentissage et *a fortiori* l'enseignement, surtout quand il est axé sur la compréhension des notions communiquées, fasse surgir des obstacles cognitifs.

L'une des conséquences de ce "théorème" pour la didactique conduit à accepter certains sauts de complexité (sauts informationnels) au lieu de rechercher des progressions continues le long des variables didactiques.

**1.2.** Mais parmi ces obstacles cognitifs certains sont parfaitement évitables, d'autres le sont beaucoup plus difficilement. Si certains résultent sans recours du développement psycho-génétique de l'homme (obstacle ontogénique), d'autres sont le résultat artificiel de décisions didactiques malencontreuses (obstacle didactique). Certains autres sont historiquement attestés et participent à la signification des notions auxquelles ils se rapportent (obstacle épistémologique historique). Parmi ces derniers, certains sont encore d'actualité et ne doivent pas être ignorés par l'enseignement (obstacle épistémologique inévitable), d'autres peuvent et doivent être contournés habilement pour permettre un accès rapide aux significations et aux pratiques modernes (obstacle épistémologique "évitable").

Mais le fait d'éviter certains obstacles en rend d'autres inévitables. On ne peut pas les supprimer tous !

1.3. Il serait erroné de supposer que les obstacles proviennent seulement de la nature de l'homme, de celle des connaissances ou du manque d'habileté à enseigner car certains d'entre eux ne pourront disparaître qu'au prix d'une certaine évolution de la culture et des connaissances didactiques et épistémologiques de toute la noosphère (obstacle culturel). Leur dépassement est hors de portée d'une action d'enseignement au sens classique: ils réclament des actions didactiques d'une autre nature.

1.4. La question de la didactique des obstacles cognitifs et épistémologiques est donc posée. Elle ne peut être évitée.

## II. Les traitements didactiques des obstacles cognitifs: rôle des conflits

2.1. Il existe différentes manières de traiter les conflits cognitifs: l'enseignement peut:

- les ignorer[1];
- les dénoncer: mettre en échec les conceptions fausses par des exercices appropriés et intégrer les conclusions dans le cours[2];
- faire buter les étudiants sur la difficulté, leur donner l'occasion d'une accommodation et intégrer les conclusions[3];
- organiser un débat atypique permettant de formuler les différentes positions et introduire la "solution" si elle ne surgit pas du débat;
- organiser une situation spécifique (validation) dont le débat n'est que l'un des instruments et qui permet (et prévoit) une dialectique où la coopération et le conflit socio-cognitif, d'une part, et le rôle du professeur et le rôle du milieu, d'autre part, se complètent et s'équilibrent.

2.2. Il n'y a pas de solution universelle et selon la nature et l'importance de l'obstacle, l'une ou l'autre de ces stratégies peut être préférable. Le conflit socio-cognitif est une technique didactique difficile à mettre en oeuvre et à gérer:

- l'objet du débat peut changer de cadre d'un moment à l'autre sans qu'il soit possible d'estimer l'utilité de ce dérapage;

- les interventions du professeur sont serrées entre des contraintes contradictoires;

- c'est une technique très coûteuse en temps.

Ces liaisons conduisent à exiger une grande rigueur dans l'appréciation et l'utilisation de ses résultats ainsi qu'une clarification du contrat didactique auprès des élèves. L'empirisme et l'improvisation aussi bien dans le choix des sujets que dans la conduite de l'enseignement, sont les principales causes d'échecs dans l'utilisation de ces techniques. Il faut traiter ces situations plutôt comme une pièce de théâtre (de comedia del Arté).

**2.3.** Pour fonctionner, notamment sur les obstacles importants, le conflit socio-cognitif doit, en même temps s'appuyer sur des règles et permettre de les reconsidérer:

- règles du comportement social (rôle de l'autorité, de la séduction, de la référence culturelle, des moyens rhétoriques de convaincre, du respect de l'interlocuteur, de la coopération et de la concurrence);

- règles permettant de contrôler la consistance du discours et des positions;

- règles permettant de juger de l'adéquation (pertinence, efficacité, etc...) des positions;

- règles du contrat didactique (remise en cause du problème dévolu à la classe, appel à la référence culturelle, justification du temps didactique, institutionnalisation, discussion du projet d'apprentissage...).

**2.4.** Comme il est presque impossible d'atteindre du premier coup un bon usage de ces différentes règles (et des règles de leur remise en cause) dans une classe, il est nécessaire d'envisager un certain nombre de telles situations qui permettront:

- de développer les pratiques des élèves dans les différents secteurs (avec vraisemblablement une progression);

- de créer dans la classe une véritable société intellectuelle qui comprend, pratique et aime le débat cognitif;

- de résoudre des problèmes cognitifs, scientifiques, logiques, culturels, civiques...;

- de permettre, à chaque élève, d'intérioriser les contraintes et les habitudes des débats comme méthode personnelle de réflexion et de recherche et donc d'améliorer - peut-être - son efficacité scientifique, sa rigueur, et sa motivation.

Je remarque que le terme "conflit socio-cognitif" met l'accent de manière excessive sur un des aspects des débats: l'examen et la prise de positions contradictoires, et qu'il masque une condition indispensable à leur bon fonctionnement: la coopération des élèves en vue de la construction d'un savoir commun vrai.

**2.5.** L'enseignement de la division au cours moyen 2ème année tel qu'il est traité dans: "rationnels et décimaux dans la scolarité obligatoire" (chapitres 12 et 13) donne un exemple de traitement d'un obstacle épistémologique: les conceptions liées aux nombres naturels à l'aide d'une situation de validation organisant des débats et des conflits. La création collective du "nouveau" (au sens de l'institutionnalisation) sens de la division se réalise à travers un "concours de recherche d'énoncés de problèmes".

Pour trouver des énoncés nouveaux, les élèves sont conduits à identifier et à utiliser différentes variables (types de nombres, domaines, types de grandeurs...). Ils discutent des points à attribuer aux énoncés pour leur nouveauté et des modifications à apporter à ce qu'ils appellent "problèmes de division". Tout le débat porte en fait sur l'extension impossible à D de conceptions spécifiques de N et à la restriction à N de celles de D.

**Notes**

---

1 L'enseignement du savoir culturel et scientifique le plus récent et son institutionnalisation sont supposés suffisants à sa compréhension, à son fonctionnement et à l'effacement des représentations spontanées indésirables s'il en apparaît ou s'il en subsiste.

2 Exemples et contre exemples. Les cours de mathématiques gardent longtemps la trace, sous la forme de contre exemples ou de problèmes classiques, des rejets les plus essentiels mais ils peuvent encore passer "inaperçus" pour l'élève et il peut y avoir intérêt à augmenter encore le caractère solennel de ces rejets.

3 L'ingénierie didactique permet au professeur d'envisager tout un éventail de situations propres à mettre en échec les représentations fausses des élèves (à la condition qu'il connaisse les unes et les autres) sans qu'il lui soit nécessaire de traiter "officiellement" les réponses indésirées autrement que comme des erreurs.

- En mettant en échec de façon répétée, en particulier dans des situations d'action, les modèles implicites utilisés par les élèves, le professeur espère les voir s'évanouir. Ceci se produira d'autant mieux que la situation permettra plus pleinement l'exercice de la conception à rejeter et non pas seulement un de ses aspects mineurs... La liste des conditions qui favorisent ces rejets reste à faire, mais on peut prévoir que certaines conceptions vont résister à ce traitement. En particulier les connaissances qui ont reçu, pour une raison ou pour une autre, une certaine institutionnalisation - et nous savons qu'il en existe nécessairement - ou celles qui nécessitent l'explicitation et l'institutionnalisation du rejet et son inclusion dans le savoir définitif.

- La prise en considération de ces conceptions résistantes peut alors exiger un degré de plus dans l'institutionnalisation. Ou plus exactement leur donner l'occasion d'une exploration explicite de leur position et de ses conséquences et d'en faire le sujet d'un débat au cours duquel les raisonnements seront non seulement recontextualisés mais encore repersonnalisés: La confrontation des positions peut alors prendre la forme d'une situation de validation, informelle ou non, spontanée ou organisée.

# GLOSSAIRE

Choisels épistémologique et conflit socio-cognitif: relations
Guy Brousseau, Université de Bordeaux, France

## TERMINOLOGIE

### A. Concepts relatifs à l'état du sujet

**1. Alternative.** Le sujet examine les conséquences d'une proposition en acceptant alternativement sa validité ou celle de sa contraposée, dans l'espoir d'en inférer une contradiction qui lui permettra d'éliminer un des deux cas ou la négation d'une proposition déjà connue. En situation d'incertitude assez grande ou de tension, le sujet saute rapidement d'une hypothèse à sa négation, de façon aléatoire. Ce comportement se présente aussi bien en situation de validation qu'en situation d'action - où il s'agit de choisir entre deux décisions (formulables), ou même en situation de formulation, lorsque l'information est difficile à formuler et que le sujet hésite entre deux messages. La contradiction est formelle, évidente et il s'agit de choisir entre les deux options.

**2. Conflit cognitif.** Cet état du sujet peut être encore provoqué par une alternative, mais maintenant, en lui s'affrontent des "connaissances":

"Soit un modèle (ou une conception ou un schème opératoire) et un fait ou une série de faits contingents en contradiction avec les prévisions de ce modèle.

"Soit deux modèles (ou deux schèmes...) auxquels il a des raisons de croire, et qui lui apparaissent soudain - à tort ou à raison - comme incompatibles.

Ces situations proposent deux décisions ou deux assertions contraires, mais il s'agit:

*Soit de choisir l'une ou l'autre, ce qui pourrait vouloir dire le rejet pur et simple d'une des conceptions en conflit.

*Soit de les rendre compatibles par une modification de l'une ou de l'autre. La contradiction n'était alors qu'apparente, elle n'était qu'un paradoxe.

Dans tous les cas, il s'agit d'un conflit cognitif parce que la connaissance du sujet est clairement la cause et l'objet du conflit, au moins implicitement.

2. **Rupture cognitive.** Le sujet est en état de rupture cognitive si des faits nombreux ont contredit sa "conception" et qu'il lui apparaît qu'elle doit être abandonnée ou si les deux "modèles" ou les deux conceptions en conflit sont véritablement contradictoires et que l'une seulement va survivre, éventuellement assez transformée.

Un conflit cognitif peut ne pas aboutir à une rupture mais une rupture est précédée le plus souvent de nombreux conflits.

B. Concepts relatifs aux connaissances en conflit. Obstacles

1. On ne peut pas dire que dans une simple alternative, une des deux propositions soit une connaissance "mal faite", ni même en général qu'elle soit une connaissance.

2. Une collection de propositions forme une connaissance à la condition qu'elles soient adoptées ensemble par le sujet et qu'elles soient reliées entre elles par des relations de nécessité. Une connaissance peut être improvisée, et si, de plus, elle est fausse, elle n'aura alors chez le sujet qu'une existence passagère: elle succombera au premier conflit et celui-ci restera le plus souvent assez furtif[1].

3. Considérons une conception [un ensemble de connaissances, un langage, une manière de voir une représentation - erronée - mais qui a été engagée avec quelque succès dans une famille d'actions, ou comme moyen d'expression, ou dans des jugements (elle a permis une certaine réussite au sujet)]. Une telle conception sera plus difficile à modifier ou à rejeter. Elle donnera lieu à des conflits cognitifs véritables.

4. Si par surcroît la résistance est forte, en ce sens que les conflits cognitifs se prolongent sans que l'on parvienne à éliminer la connaissance fausse, ou si, bien qu'apparemment rejetée par le sujet, elle réapparaît de façon fortuite et en quelque sorte échappe à son contrôle, nous dirons que cette conception fait obstacle. La connaissance ancienne provoque des erreurs persistantes dont l'origine peut échapper longtemps au sujet.

5. Ces obstacles peuvent être:

• Des schèmes opératoires, ou des modèles spontanés apparaissant "naturellement" au cours du développement du sujet (obstacles ontogéniques).

Assez souvent ces représentations ne sont pas identifiées dans la culture et les connaissances scientifiques prises comme référence ne correspondent pas bien aux problèmes posés, de sorte que l'obstacle cognitif se double d'un obstacle culturel (une sorte de cécité de la culture).

• Des connaissances inadéquates d'origines diverses véhiculées par la culture et toujours présentes, bien que déjà traitées par un domaine scientifique.

• Des obstacles qui ont joué un rôle clé dans le développement historique des connaissances et dont le rejet a dû être intégré explicitement dans le savoir transmis (4). Certains de ces obstacles historiques sont encore aujourd'hui, dans les conditions actuelles "nécessaires" à la mise en place d'une connaissance: la conception correspondante se développera presque sûrement à un moment de la formation du sujet ou même sera consentie par l'enseignement comme un appui indispensable pour atteindre une connaissance supérieure. Ces conceptions sont les obstacles épistémologiques. Ils réalisent les conditions (1), ce sont des connaissances (2) qui ont un domaine de succès (3), un domaine d'échec (4), qui résistent ou ressurgissent (5) dont le rejet doit être explicité et intégré au savoir (1).

• Des connaissances résultant d'une transposition didactique ancienne ou récente mais non susceptibles d'une renégociation par le maître, du moins dans le cadre restreint d'une classe - qui éviterait d'avoir à les considérer (obstacles didactiques).

6. Parmi les connaissances qui font obstacles, certaines sont donc inévitables ou ne doivent pas être évitées en particulier parce que leur franchissement doit être intégré dans les connaissances ultérieures, d'autres sont plus erratiques, ont un caractère plus personnel ou encore peuvent être évitées par des dispositions didactiques appropriées.

7. Toutes les connaissances "fausses" peuvent donner lieu à des conflits cognitifs mais certains de ces conflits auront un caractère obligatoire, constitutif de la connaissance, les autres seront beaucoup plus accidentels, occasionnels, et même si leur importance est grande dans le développement de chaque sujet, le traitement et le statut culturel et donc didactique sera différent.

### C. Les conflits cognitifs dans les situations didactiques

Les conflits cognitifs peuvent se présenter dans les divers types de situations a-didactiques, mais ils prennent alors des caractères différents en particulier selon la structure sociale de la classe:

1. **Conflits intériorisés.** Lorsqu'un enseignant propose à la classe une situation qui interdit les communications et les coopérations aussi bien que les conflits entre les élèves, pour privilégier les relations de chaque élève avec lui, il les place tous vis-à-vis de lui dans une position semblable: par exemple, en situation d'action, les élèves travaillent individuellement et indépendamment les uns des autres; en situation de validation l'élève ne débat qu'avec le maître, donc en situation de totale dépendance par rapport aux informations que détient le maître et par rapport aux jugements qu'il porte. Dans ces conditions, les conflits cognitifs sont soit évités complètement, soit transformés - exportés - en conflits affectifs. Le contrat didactique fait obligation au professeur d'éviter les conflits et les débats: ils doivent se régler au niveau individuel grâce à l'information donnée par le maître. Dans les meilleurs cas, toutefois, on peut obtenir des débats intériorisés; l'élève imite mentalement ou imagine un débat.

Il serait intéressant de comparer les effets de ces méthodes classiques sur la résolution des conflits, avec ceux des méthodes qui utilisent des structurations sociales adéquates de la classe.

**2. Conflits socio-cognitifs.** Si la classe est structurée de façon appropriée, comme le prévoient les schémas des divers types de situations a-didactiques (en particulier dans les situations de validation, qu'elles soient formellement organisées par le professeur ou qu'elles s'instaurent naturellement), les débats qui apparaissent alors laissent la place à divers rôles où peuvent s'exprimer les différentes positions épistémologiques des élèves.

Ces débats permettent aux élèves d'extérioriser beaucoup de positions parmi celles qui sont possibles: non seulement celles qu'ils auraient manifestées individuellement dans des questionnaires ou des entretiens individuels, mais d'autres qui apparaissent seulement dans ces conditions[3].

J'aurai tendance à réserver le terme de "conflit socio-cognitif" aux cas où les opinions sont exprimées dans des relations sociales relativement codifiées comme cela est décrit dans les situations de validation les plus générales. Ces situations supposent à la fois une compétition pour un enjeu local et une collaboration pour l'établissement de la vérité. Il est clair que, d'une certaine manière, le terme conflit a changé de sens: au lieu d'être un état inattendu subi par le sujet, il devient le résultat prévisible d'une situation de confrontation acceptée par avance car il est inscrit en partie dans la convention même qui institue les rapports entre les élèves, c'est la règle du jeu et non pas une rencontre fortuite avec une connaissance ou un fait nouveau.

Notes

---

1 Conditions nécessaires proposées par DUROUX et BROUSSEAU pour la recherche d'un obstacle épistémologique.

2 L'explication de ce phénomène est claire: dans une situation individuelle l'élève prend le parti le meilleur parmi ceux qu'il imagine, il ne prend pas nécessairement le soin d'explorer très loin les positions qui lui paraissent les moins bonnes; dans un débat, pour pouvoir prendre la parole et pour "exister", il peut être conduit à prendre des positions délaissées par ceux qui ont parlé avant lui et à les envisager assez sérieusement pour les exprimer. Ce phénomène qui est à la base du bon fonctionnement des situations de validation me semble avoir été astucieusement utilisé (et prouvé?) par A. ŒRPINSKA et par H. EL BOUAZZAOUI comme méthode de recherche.

# Les conditions d'évolution de conceptions d'élèves

**Samuel Johsua**
**Université de Marseille, France**

De très nombreux travaux de psychologie cognitive ou de didactique de la physique montrent à quel point la base de connaissances d'un sujet à propos d'un domaine donné du savoir détermine non seulement l'abord d'une situation particulière, mais aussi l'effet que celle-ci peut avoir en retour. Ceci explique, en partie, pourquoi l'option "inductiviste" se révèle inefficace. Celle-ci repose en effet sur la croyance que l'observation et la mesure sont à la base de la "mise en évidence" des lois physiques, et qu'il est possible de créer un cadre scolaire où l'élève, bien dirigé, serait apte à faire en raccourci ce même cheminement. Or le cadre conceptuel d'où est pensée "l'expérience" étant essentiellement différent entre l'expert et le novice, rien ne garantit que le processus inductiviste conduise "naturellement" au modèle scientifique. C'est sans doute ce qui explique que la simple "prise en compte" de ces représentations soit insuffisante à produire des changements conceptuels significatifs. Certaines au moins parmi ces représentations naïves ne doivent pas être considérées comme des idées isolées et statiques, mais comme de véritables débuts de modélisation, avec leur propre cohérence et leur propre logique.

D'un point de vue didactique, il est nécessaire de se poser la question des conditions d'évolution de ces conceptions. Au moins dans le domaine de disciplines complexes et hautement structurées, comme la physique, la problématique traditionnelle des "conflits socio-cognitifs" paraît inadéquate pour résoudre le problème que nous nous posons. D'une mise en rapport d'un élève avec une expérience contradictoire à son attente, ou/et de la mise en discussion sociale de cette contradiction, on ne peut attendre automatiquement une évolution positive de ces conceptions.

Dans la présente communication, nous nous attachons justement à décrire une expérimentation qui contribue à éclaircir cette importante question. Nos options principales étaient les suivantes:

I) Partir de l'expression explicite, en situation de classe, des conceptions des élèves, à propos d'un champ de phénomènes physiques;

II) Organiser didactiquement le rejet de certaines de ces conceptions, et, parallèlement, la systématisation d'autres, dans le cadre d'une double confrontation, à l'expérience pratique d'un côté, aux idées des pairs de l'autre.

Dans ces conditions, réalisant, schématiquement, une sorte de transposition du débat scientifique dans la classe, les conceptions fonctionnent bien, à notre sens, comme des "pré-modèles" de la situation physique étudiée.

**Description de l'expérimentation**

Notre expérimentation a concerné le début de l'étude des circuits électriques (dans 3 classes de 6ème et deux classes de 4ème des collèges français; approximativement 12 et 14 ans).

La situation expérimentale de départ comprend un circuit simple (une pile, une ampoule, des fils) et conduit au problème suivant, soumis à la discussion: "Comment (ou pourquoi) ça marche?".

La classe n'accepte pas de débattre de toutes les hypothèses; seules sont admises comme objet de débat des hypothèses qui apparaissent comme "raisonnables". Dès la fin de la première séance, dans toutes les classes, cela ne concerne plus que les représentations "courants antagonistes" (deux courants sortent de la pile et se choquent dans l'ampoule) et "circuitaires" (il y a une circulation du courant, avec retour à l'ampoule).

La critique qui est en général portée contre les "courants antagonistes" est la suivante: pourquoi alors faudrait-il deux fils pour allumer l'ampoule? Critique entendue par les partisans de ce modèle qui avancent alors une idée

supplémentaire: c'est parce qu'il y a un "plus" et un "moins". L'idée de "deux électricités" se solidifie ainsi comme une réponse à une critique majeure.

Plus spectaculaire encore est l'évolution des partisans de la représentation "circulaire". La critique majeure qui leur est portée est la suivante: "Mais alors, la pile ne s'userait jamais!". Cette critique est très solide: tous les élèves savent que la pile n'est pas éternelle. Aussi une autre réponse va-t-elle se systématiser: c'est celle de l'usure du courant au passage de l'ampoule, bien qu'il n'y ait qu'un seul courant dans le circuit.

Dans les conditions ainsi créées, seul le recours à des informations supplémentaires est à même de permettre la poursuite du débat. Celles-ci ont été fournies par le recours à des expériences-test.

Ainsi, en 4ème, deux ampèremètres à zéro central sont montés de part et d'autre de l'ampoule. Le sens de déviation des aiguilles donnerait le sens de parcours du courant, et l'ampleur de la déviation, son intensité.

Surprise: toute la classe de 4ème s'accorde à prévoir que dans le cas des "courants antagonistes" la déviation des aiguilles dans les deux ampèremètres se fera dans le même sens! En effet, pour admettre que les partisans de cette conception devraient prévoir une déviation de sens contraire des ampèremètres, il faut déjà avoir admis l'existence d'un circuit, dans ce cas, les "courants antagonistes" tournent bien en sens inverse.

Mais, en toute logique, cette réalité circuitaire n'est pas admise d'emblée; l'objet de l'expérience est justement de la fonder. On constate alors, qu'en toute rigueur (et si l'on permet une libre expression de la logique des pensées des élèves), cette expérience n'est pas probante. De plus, les élèves n'abandonnent pas si aisément leurs hypothèses; ils vont au contraire produire un important effort pour intégrer le résultat expérimental sans rejeter leur propre modèle.

En 6ème, les résultats d'expériences du même type ont été simplement rejetés!

Contrairement à ce qu'une lecture hâtive de Popper peut induire, le concept de "réfutation" d'un modèle n'est nullement évident à manier. On constate au contraire que:

I) Tant que les sujets ne changent pas de paradigme interprétatif, l'expérience en elle-même ne suffit pas à ébranler leur conviction, surtout si elle fait l'objet d'un consensus social. C'est donc bien le changement de paradigme qui doit s'imposer pour que la lecture nouvelle de l'expérience soit tout simplement possible.

II) Il est exceptionnel qu'une expérience, unique et isolée, ne soit pas ré-interprétable dans la représentation de l'élève, laquelle est apte à assimiler beaucoup plus de nouvelles données qu'on ne le croit en général.

Il n'y a pas de "conflit cognitif bref", "d'expérience cruciale".

On notera d'ailleurs que de tels comportements épistémologiques ne sont nullement l'apanage exclusif des sociétés d'élèves en situation didactique. Comme l'indique Kuhn, la communauté savante fonctionne de même: le changement de paradigme lui est toujours douloureux, l'inertie joue un rôle fondamental, et la réaction première à un fait expérimental contradictoire avec la théorie est de "bricoler le modèle" pour l'adapter et lui permettre de décrire plus ou moins laborieusement le phénomène.

La contradiction principale à laquelle sont confrontés les élèves est la suivante: comment admettre que le fluide électrique se conserve (sous sa forme "matérielle"), tout en s'épuisant (sous sa forme "énergétique")?

Une des solutions est l'hypothèse "épuisement du courant", qui maintient la non-différenciation des deux aspects "énergétique" et "matériel" du fluide, tout en rendant compte de manière acceptable de la phénoménologie présentée. Tant qu'on ne répond pas à cette contradiction cognitive majeure, il y a peu de chances que les élèves abandonnent vraiment une position aussi stable.

Dans le cadre de notre expérience, nous avons eu recours pour ce faire à un modèle analogique, "l'analogie du train", qui a seulement pour fonction d'introduire un élément nouveau dans la discussion: la plausibilité d'un autre point de vue. Mais cela se révèlera suffisant pour sortir de l'impasse, et pour trouver raisonnables ("logiques", disent souvent les élèves) les observations expérimentales. Les élèves ont d'ailleurs montré une capacité certaine à utiliser l'analogie comme un modèle formel et abstrait dont les limites peuvent le cas échéant être précisées par des arguments logiques ou des confrontations avec l'expérience.

Notre expérience tend à montrer que dès le collège, on peut envisager tout en maintenant un fonctionnement de type hypothético-déductif qui prenne pour raisons les modèles des élèves et leur évolution contradictoire. Le bilan comparatif avec l'évolution de classes témoins semble de plus montrer qu'une telle façon de procéder n'est pas sans avantage du point de vue des progressions cognitives des élèves. Cela nous paraît en tout cas une voie qu'il faut continuer d'explorer.

# Obstacle épistémologique et raisonnements en physique: tendance au contournement des conflits chez les enseignants

**Laurence Viennot**
**LDPES, Université Paris 7, France**

Le grand courant de recherches sur les conceptions des apprenants auquel nous assistons depuis une vingtaine d'années, tout particulièrement dans les disciplines scientifiques, est fortement associé à la notion d'obstacle épistémologique. Ces conceptions "communes" ou "naturelles" sont d'abord apparues comme dignes d'intérêt en ce qu'elles étaient distinctes des savoirs enseignés. Les conceptions "erronées" ont donc constitué un moyen d'accès privilégié au savoir commun, et la résistance à l'enseignement qui souvent s'y attache a contribué à leur valoir, sous certaines conditions, le statut d'obstacles épistémologiques. On dégage principalement deux types de sources susceptibles d'alimenter cette connaissance commune: l'une résiderait dans l'expérience sensori-motrice et le langage naturel, l'autre serait liée à un courant de vulgarisation progressive qui, en quelque sorte, descend du savoir scientifique élaboré vers un savoir parcellisé et déformé, tout en pénétrant des couches sociales de plus en plus larges. Chacune à leur manière, ces deux sources rendent compte des caractères qu'on attribue à la connaissance commune: statut d'évidence, flou et ambiguïté des formulations, manque de cohérence interne et enfin, souvent, grande résistance au changement. Chacun de ces caractères suscite une ou plusieurs questions:

- "Evidence" et prise de conscience vont-elles nécessairement de pair chez l'apprenant?

- Quel est le véritable statut de l'ambiguïté observée dans les formulations?

- L'apparente parcellisation du savoir commun est-elle une indication suffisante pour qu'on se limite à des recherches très focalisées, dont les contours s'identifient à ceux de tel ou tel concept du domaine étudié?

- Enfin, jusqu'à quel point l'idée de rupture, associée à celle d'obstacle épistémologique, s'inscrit-elle effectivement dans l'évolution cognitive d'un apprenant qui devient expert?

- Quelles sont les conditions d'efficacité d'un conflit cognitif?

Sur ces questions, les exemples de recherches évoqués dans ce qui suit, et qui concernent la physique, apportent quelques éléments de réflexion.

I. Le domaine de la **mécanique élémentaire** fournit des exemples de traits de la connaissance commune qui semblent très conformes à la description esquissée ci-dessus.

Il s'agit de conceptions nettement conformes à la théorie, extrêmement résistantes à l'enseignement, largement partagées dans des populations variées, et de prime abord, non intégrables en un système cohérent. La cohérence n'apparaît que lorsqu'on renonce à utiliser, pour décrire ces conceptions, les mêmes "unités" de raisonnement que celles de la théorie enseignée. Ainsi pour la notion de force, les conceptions courantes semblent incohérentes mais en revanche on pourra retrouver les éléments d'un même type de raisonnement pour des chapitres habituellement bien distincts de la physique: actions réciproques, changements de référentiels, pressions dans les gaz... Ceci amène à définir plutôt que le concept de la connaissance commune correspondant à un concept physique donné, des catégories de situations physiques suscitant un type de raisonnement "naturel". De la notion d'obstacle bien circonscrit, on s'achemine vers celle de "mode de raisonnement" s'exerçant sur un front relativement large de situations.

II. Le travail de J.L. CLOSSET* sur l'électrocinétique, celui de S. ROZIER* sur la thermodynamique, traduisent de façon nette la pertinence de ce point de vue.

---

* J.L. CLOSSET, Le raisonnement séquentiel en électrocinétique, thèse de 3ème cycle, Université Paris 7, 1983.

* S. ROZIER, Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique élémentaire, thèse en instance de soutenance, Université Paris 7, 1988.

Ce qui rassemble les situations évoquées dans leurs recherches, ce n'est pas tel ou tel concept d'électrocinétique ou de thermodynamique, c'est le type de raisonnement, "séquentiel", "local", ou encore "linéaire causal" qu'elles suscitent, alors qu'un traitement correct de ces situations nécessiterait que l'on envisage simultanément toutes les interactions entre les éléments des systèmes physiques présentés et que l'on ait donc un point de vue global sur ces systèmes.

Un fait remarquable, dont l'apparition est liée au point de vue adopté par ces chercheurs, est la persistance chez les enseignants d'erreurs associées à ces types de raisonnement initialement mis à jour chez les étudiants. Il suffit d'une question légèrement décalée par rapport aux routines enseignantes, et conforme à la typologie dégagée dans ces recherches, pour susciter de telles erreurs. La question des ruptures épistémologiques antérieurement vécues par les experts dans leur acheminement vers la compétence est donc posée, et ceci dans la mesure où l'analyse du savoir des apprenants se détache d'un certain pointillisme et se fait dans la recherche de grandes tendances du raisonnement.

III. Ceci conduit d'abord à repenser la notion d'expert en termes moins absolus que ceux utilisés couramment. Certes la physique existe mais non le Physicien. Celui-ci n'est qu'un individu fictif dont les raisonnements répondent à un large consensus d'experts. Mais il arrive que les physiciens partagent, en nombre, des convictions ou des modes d'explication plus ou moins incompatibles avec la théorie physique. Ces convictions et ces modes d'explication n'apparaissent pas seulement comme des étourderies en réponse à des questions pièges, elles peuvent être mises en oeuvre activement dans différents cadres: pratique technique, enseignement, vulgarisation. Le consensus qu'on observe à leur propos est souvent étayé par le fait que ces raisonnements sont localement efficaces, ou bien qu'ils ne servent pas à faire des prédictions mais plutôt à commenter des résultats.

IV. Au fil de ces recherches, on voit donc se dessiner quelques questions sur les notions d'obstacle, de conflit et de rupture épistémologiques. Ces études ont fourni des questionnaires efficaces dans la mise à nu de certaines difficultés et qui donc, sont, d'une part propres à susciter des conflits générateurs de progrès, et d'autre part susceptibles de fournir des éléments pour une réflexion sur ce que

nous voulons que nos étudiants comprennent (un conflit cognitif à double détente en quelque sorte). Nos expériences personnelles, plus que des recherches en bonne et due forme, confirment l'intérêt qu'il y a à susciter une gestion du conflit par un groupe d'apprenants. Les limites des bénéfices escomptables, apparues aussi bien au travers de nos recherches qu'en cours d'enseignement, sont liées, semble-t-il, en grande partie à cette cohérence cachée des raisonnements naturels. Si, comme le montre J.L. CLOSSET, le raisonnement séquentiel ne cède le pas que localement, situation apprise par situation apprise, à la théorie physique, c'est donc que les conflits et les ruptures liées à ces situations apprises n'ont pas remis en cause la racine des réponses erronées. Ceci est probablement dû au fait que cette racine n'a pas été explicitement mise à jour et aussi qu'une tendance aussi profonde ne peut être efficacement mise en cause que sur un large front de situations. Mais alors l'entreprise est très lourde, d'où les difficultés de gestion didactique. Le consensus de nombreux enseignants consistant à minimiser les conflits cognitifs qu'ils suscitent chez leurs élèves, comme ils les ont minimisés pour eux-mêmes, doit sans doute être rattaché à ces deux aspects: manque de connaissance sur les cohérences cachées du raisonnement naturel, difficulté de gérer un conflit épistémologique de grande ampleur. De ce point de vue c'est plutôt ce qui réunit, malgré eux, experts et apprenants, qui est souligné ici, en écho à cette remarque de Line ROSS et Michel de REPENTIGNY*: "Le passage de la connaissance commune à la connaissance scientifique, c'est une question de degré et non de nature".

---

* L. ROSS et M. de REPENTIGNY in "Les représentations", p. 3, Revue: Communication et Information, Vol. VI, N° 2, 3, 1984. Université Laval, Québec.

**Résumés des interventions**
**au panel 2**

---

**"Les conséquences sur l'intervention pédagogique**
**des notions d'obstacle épistémologique**
**et de conflit socio-cognitif"**

# Des objectifs-capacités aux objectifs-obstacles

**Jean-Louis Martinand**
**Université Paris XI, France**

## I. Sur la notion d'objectif

Il existe une littérature très développée sur les objectifs pédagogiques. Les méthodologies classiques d'opérationalisation ont incontestablement permis deux progrès majeurs:

1. Passer du point de vue du maître exprimant ses intentions, ou résumant son discours, au point de vue de l'élève.

2. Exprimer ce que l'élève devra être capable de faire après apprentissage, indépendamment du processus d'apprentissage.

Pour les sciences expérimentales, la taxonomie la plus vivante et la mieux adaptée est certainement celle de L. D'HAINAUT[1]. Mais force est de constater qu'elle partage les défauts essentiels des autres taxonomies: elles sont très peu utilisées par les enseignants comme instrument d'orientation et de régulation du processus d'enseignement-apprentissage. La raison en est sans doute la pulvérisation de l'ensemble des objectifs-capacités, qui empêche de la garder "présente à l'esprit".

Deux autres caractéristiques sont moins connues mais aussi graves. La première est que la définition *a priori* des objectifs est largement illusoire car il existe des relations entre démarches et moyens pédagogiques et objectifs; or il n'est pas vrai dans la réalité des curricula que les choix d'objectifs soient entièrement préalables aux instruments et démarches. De plus, pour les enseignants, l'usage des instruments (manuels, etc.) implique certains objectifs, en les rendant inutiles.

La seconde caractéristique est que les objectifs-capacités n'ont vraiment de sens en tant qu'objectifs[2] que s'il existe un "profil de sortie", donc un référentiel extérieur et préalable vers lequel les apprenants doivent tendre. Ils correspondent donc à un curriculum fermé, ou à la composante d'acquisitions instrumentales obligatoires d'un curriculum ouvert.

La notion d'objectif-possible, outil analytique d'aide à la décision dans une situation, répond aux deux critiques précédentes[3].

## II. Sur la notion d'obstacle

La tradition française est très riche d'auteurs ayant insisté sur l'idée que les connaissances scientifiques ne peuvent être conquises que par des progrès relativement discontinus, avec des changements qualitatifs. Rappelons seulement ici P. LANGEVIN[4] parlant de l'évolution des théories scientifiques par "contradictions et synthèses successives", H. WALLON insistant sur les alternances fonctionnelles du développement de l'enfant, G. BACHELARD mettant en évidence la rupture entre connaissance commune et connaissance scientifique et décrivant les obstacles épistémologiques caractéristiques de cette rupture, J. PIAGET enfin définissant les stades du développement intellectuel et étudiant les processus d'équilibration des structures cognitives.

Contre les traditions pédagogiques dogmatique et empiriste (il suffit de regarder pour comprendre), ces auteurs sont en France à la base des méthodes actives depuis les années 20 et des travaux de didactique des sciences expérimentales en particulier après 1968, donc bien avant la diffusion du "paradigme du changement conceptuel". Mais par contrecoup, la notion d'obstacle épistémologique a pu être appliquée à la pédagogie des sciences, sans se poser la question de savoir si les obstacles historiques se retrouvent avec les apprenants dans les processus d'enseignement-apprentissage réellement mis en oeuvre. C'est une tâche majeure de la recherche didactique empirique que de mettre à jour les principaux obstacles en jeu, aussi bien conceptuels que méthodiques ou affectifs, en fonction des modes d'activités didactiques, dans les activités d'apprentissage proposées aux apprenants.

## III. Objectifs obstacles

Le courant didactique important d'étude des représentations et des raisonnements "spontanés" a, de ce point de vue, accumulé une bibliothèque déjà fournie sur les obstacles que les élèves devraient franchir pour accéder à certains niveaux de la connaissance scientifique. Cette bibliothèque risque même de devenir dissuasive pour la suite de l'enseignement des sciences!

Dans la mesure où ces obstacles ont une signification épistémologique profonde, je crois au contraire qu'ils fournissent la clé pour formuler les buts les plus essentiels d'une éducation scientifique. Autrement dit, il s'agit d'exprimer les objectifs en termes d'obstacles franchissables[6]: parmi les objectifs-possibles, les objectifs intéressants sont les objectifs-obstacles.

L'ambition pratique est donc de fournir aux maîtres, avec une liste d'obstacles à franchir par les élèves, la description des buts des activités, afin de permettre d'orienter les interventions pédagogiques et l'évaluation. En effet, dans ce qui apparaît pour les apprenants comme une situation-problème, ils sont ce qui doit permettre aux enseignants de fixer un but, et aux apprenants de reconnaître rétrospectivement la signification de leur progrès[7].

Nous avons pu montrer dans quelques cas que ce type d'objectifs fournit effectivement aux maîtres un instrument nouveau, utilisable et spécifique, en attirant son attention permanente sur des aspects non décrits explicitement, ou non inscrits implicitement dans les autres composantes du curriculum (cf. communication au présent colloque).

Du point de vue théorique, l'idée d'objectif-obstacle est un moyen de faire converger les travaux sur les conceptions ou les raisonnements, et les travaux sur les curricula. Elle appelle un développement de la recherche pour mieux situer les obstacles, du triple point de vue épistémologique, psychologique et pédagogique. Elle pose le problème des stratégies et plus généralement des "modes d'activité didactique" à mettre en oeuvre par rapport aux obstacles choisis et présents dans les situations du curriculum[8].

**Notes et références**

---

1 D'HAINAUT, L., Des fins aux objectifs de l'éducation, Paris-Bruxelles, Nathan-Labor, 2e édition 1980.

2 Mais ils pourraient conserver toute leur valeur en tant qu'indicateurs pour l'évaluation des élèves.

3 La notion d'objectifs-possibles a été développée dans les recherches sur les curricula de sciences à l'école élémentaire menées à l'Institut National de Recherches Pédagogiques de Paris dans les années 70 (voir note 5 ci-dessous). Elle a conduit à des recherches sur les trois "registres du possible" qui semblent devoir être pris en compte: les registres "épistémologique", "psychologique" et "pédagogique".

4 LANGEVIN, P., La pensée et l'action, Paris, Ed. Sociales.

5 Voir par exemple un premier effort dans ce sens - Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire. III - Initiation physique et technologique (sous la direction de V. Host et J.L. Martinand), INRP, Recherches Pédagogiques N° 74, Paris, 1975, et V – Démarches pédagogiques en initiation physique et technologique (sous la direction de J.L. Martinand), INRP, Recherches Pédagogiques N° 108, 1980.

6 MARTINAND, J.L., Connaître et transformer la matière: des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques, Berne, P. Lang, 1986.

7 MEIRIEU, Ph., Apprendre...oui, mais comment? Paris, Ed. Sociales Françaises, 2e édition, 1987. Voir en particulier le "guide méthodologique" p. 165-180.

8 MARTINAND, J.L., Questions pour la recherche: la référence et le possible dans les activités scientifiques scolaires, in Recherches en didactique de la physique, Paris, Ed. du CNRS, 1983, P. 227-249.

# Conséquences sur l'intervention pédagogique des notions d'obstacle et de conflit

**Anna Sierpinska**
**Institut de Mathématiques de Varsovie, Pologne**

La notion d'obstacle épistémologique joue sur nos attitudes envers les mathématiques; elle implique une attitude envers le savoir de nos élèves; elle suggère certaines interventions pédagogiques. Elle pose des questions sur le rôle des conflits mentaux et socio-cognitifs dans l'enseignement.

## Mathématiques

Une réflexion approfondie sur la notion d'obstacle épistémologique nous amène à voir les mathématiques comme un système culturel évolutif.

Etant culturel, ce système comprend, à côté d'un niveau "technique", un niveau "formel" (Hall, 1956) qui est le niveau des croyances, normes de raisonnement et de rigueur, des philosophies et idéologies; et aussi un niveau informel, fondé sur des règles implicites de communication, sur certaines manières de concevoir des notions telles que nombre, temps, espace, infini, cause, effet, etc. Ces deux niveaux constituent le soi même de la culture mathématique en même temps qu'ils en déterminent les frontières.

Evolutif, le système culturel des mathématiques subit des changements. Mais ces changements ne peuvent pas être imposés et contrôlés. Le système évolue selon ses propres lois dans une sorte de dialectique entre les niveaux technique et formel. Mais tout changement profond d'une culture semble être conditionné par des changements au niveau informel - au niveau de l'implicite, de l'inconscient (cf. Hall, p. 91). Ce qui se passe en fait, ce sont de petites adaptations informelles qui s'opèrent dans les processus de recherche normale en mathématiques. Certaines adaptations s'avèrent plus utiles ou plus fécondes que d'autres.

Projetées au niveau technique, elles deviennent des améliorations. Ces améliorations s'accumulent imperceptiblement jusqu'à ce que, soudain, on déclare qu'il y a crise. Le sentiment de crise appelle des changements dans les fondements, la philosophie et la méthodologie de la science. Et tout recommence.

A tout moment historique donc, le savoir mathématique est plongé dans une culture qui en détermine la philosophie, les canons de rigueur et les problèmes importants. Il n'y a rien d'éternel ni d'absolu dans cette philosophie, cette rigueur ou cette importance. Chaque point de vue a ses avantages et ses limitations; on peut parler d'une certaine complémentarité de ces points de vue (cf. Waddington, 1977; Kuyk, 1977). Rien n'est absolument obstacle; aucune philosophie n'est universelle.

**Le savoir des élèves**

Respectons la culture mathématique de nos élèves: elle peut être différente de la nôtre; elle n'en est pas moins digne d'être prise au sérieux. Bonne ou mauvaise? - voilà des questions que les pédagogues devraient avoir honte de poser. Et ceci non seulement parce que, en général, il faut respecter l'enfant en tant qu'être humain, mais parce que, notre propre culture mathématique peut ne pas être beaucoup plus universelle que celle de nos élèves. Sachons aussi que nous pouvons être nous-mêmes responsables (du moins en partie) de la culture mathématique de nos élèves. L'idée des mathématiques que se font nos élèves est fondée en partie sur l'observation et l'interprétation individuelle de notre propre comportement envers le savoir et les problèmes mathématiques. Ce que nous faisons peut être en contradiction avec ce que nous disons ou ce que nous voudrions que nos élèves croient.

**Intervention pédagogique**

Ayant dit que nous ne jugeons aucune philosophie des mathématiques ou intuition mathématique comme bonne ou mauvaise, le but de notre enseignement ne sera pas d'imposer aux élèves des changements à ce niveau-là. Mais notre tâche sera d'apprendre aux élèves un certain nombre de théorèmes et méthodes mathématiques. Bien sûr, si l'élève croit profondément que 5 - 7 font 0 au moment de l'introduction des nombres relatifs, nous ferons en sorte de le faire

changer d'avis. Nous voudrons donc opérer des changements dans sa culture au niveau technique sans toutefois la laisser en déséquilibre globalement.

Cette déstabilisation peut avoir lieu si une assertion mathématique, à laquelle l'enfant croit et qui est fausse du point de vue de la théorie enseignée, est liée, dans son esprit, à une attitude envers les mathématiques, à une intuition d'une notion mathématique fondamentale. Cette assertion appartient alors, dans la culture mathématique de l'enfant, au niveau formel. Si on essaie, trop brutalement, de lui faire accepter une assertion contraire, l'enfant peut avoir l'impression que tout son monde s'écroule. C'est cet état d'âme que nous avons pris l'habitude d'appeler "conflit mental".

Une contradiction entre deux assertions techniques ne provoque pas de tels sentiments de malaise ou de douleur. Au niveau technique, les émotions n'entrent pas en jeu: s'il y a contradiction, on cherche l'erreur. On rejette l'assertion qui mène à la contradiction.

Un moyen donc d'aider l'élève à sortir du conflit mental serait de redonner à son assertion un statut d'assertion technique en même temps qu'en l'aidant à prendre conscience de sa propre philosophie des mathématiques, de ses intuitions, d'autres philosophies possibles, d'autres intuitions.

Voyons l'intervention pédagogique dans le cas d'un conflit de ce type sur un exemple.

**Exemple**: Soit l'assertion mathématique # : 0.999... = 1 démontrée devant l'élève sur le plan technique. L'élève ne voit pas d'erreur dans la démonstration et l'accepte. En même temps, au niveau formel de sa culture, il croit profondément à l'inégalité o : 0.999... < 1 qui contredit #. A la source de cette croyance: son attitude envers les mathématiques (M), envers l'infini (Inf), son intuition du nombre réel (R), sa compréhension de l'écriture décimale et du signe "=" (cf. Sierpinska, 1987). Voilà comment l'enseignant peut intervenir.

| Niveau de culture | Conflit | Effet de l'intervention pédagogique 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|---|---|
| Formel | ¤ | ¤ , M | ¤,M,Inf,R,= | M | M |
| Inform. | | Inf,R,= | | Inf,R,= | Inf,R,= |
| Techn. | # | # | # | $=_1$,$R_1$,¤,# | $=_1$,$R_1$, preuve que ¤ contradictoire avec $=_1$ et $R_1$ |

1. L'enseignant cherche les sources de la croyance en ¤ dans les attitudes de l'élève envers les mathématiques, l'infini, le nombre réel, son écriture décimale, le signe d'égalité.

2. L'élève est amené à prendre conscience de ses "M, Inf, R, =".

3. L'enseignant négocie avec l'élève la signification de la notion de nombre réel, de l'écriture avec des points, du signe "=". Cette négociation est finalisée par un consensus sur une signification technique provisoire du nombre réel, de son écriture décimale, du signe d'égalité. Cette signification doit être en accord avec les conceptions qu'a l'élève des mathématiques, de l'infini. Si, par exemple, l'élève n'admet que l'infini potentiel (ou une sorte de "fini indéterminé"), on peut admettre que le signe "=" entre une écriture décimale avec des points et une écriture décimale "finie" signifie que le nombre "avec des points" s'approche de plus en plus du nombre "fini" jusqu'à en différer aussi peu que l'on veut (ou: qu'en augmentant le nombre de chiffres on obtient des approximations de plus en plus exactes de nombre "fini"). On arrive donc à des significations techniques $R_1$, $=_1$ chez l'élève. En même temps, les conceptions intuitives Inf, R, =, déjà, espérons-le, conscientes chez l'élève, reprennent un statut informel.

**Conflits**

On peut parler d'autres types de conflits mentaux possibles, à part le type F-T (formel-technique) dont nous venons de voir un exemple. On pourrait s'interroger sur les membres du produit cartésien $(F,I,T)^2$. Un conflit de type F-F par exemple, aurait lieu lorsque l'élève utilise implicitement deux philosophies différentes et que, dans une situation donnée, ces deux philosophies le mènent à deux opinions différentes sur une assertion mathématique. La tâche de l'enseignant serait alors d'aider l'élève à expliciter ces philosophies, à les discuter, à en comparer les conséquences et finalement à acquérir une sorte d'attitude "de sage" (ou de "conscience historique" à la Diethey).

Il faut distinguer cette notion de conflit mental chez un seul individu de la notion de conflit socio-cognitif qui prend en compte la contradiction entre deux individus - et donc de deux cultures mathématiques - au cours d'une interaction sociale. Bien sûr, un conflit mental n'a lieu que dans une situation sociale mais il concerne le même individu: pour le surmonter, l'élève doit, en quelque sorte, se battre avec lui-même. Dans le cas de notre exemple, si l'élève n'avait pas accepté la preuve de l'assertion # au niveau technique, le conflit M n'aurait pas eu lieu. D'autre part, des conflits socio-cognitifs peuvent provoquer des conflits mentaux.

A propos du rôle de la notion de conflit dans l'intervention pédagogique, la question suivante se pose: le conflit mental, en tant qu'outil pédagogique, peut-il être vraiment accepté sans aucune réserve? Nous devons nous rendre compte qu'il apporte une douleur, une inquiétude presque insupportables à nos élèves. Si le conflit n'est pas assez vite résolu (et plus l'élève est jeune, plus il faut se presser), il peut amener une frustration, une perte de sens de ce qu'on fait, de ce qu'on apprend..., dont les conséquences peuvent être irréparables. Avant de provoquer un conflit chez l'élève, réfléchissons s'il est bien capable de le surmonter. Nicolas Rouche attire notre attention là-dessus à propos des paradoxes de Zénon d'Elée dans son livre, avec M. Hauchart, sur l'enseignement des débuts de l'analyse.

**References**

Hall, E.T. (1956). The silent language.

Hauchart, M. & Rouche, N. (1987). "Apprivoiser l'infini, un enseignement des débuts de l'analyse". Proposition 14 de la CEM. Louvain-la-Neuve, CIACO.

Kuyk, W. (1977). Complementarity in mathematics. Reidel, Dortrecht.

Sierpinska, A. (1987). "Humanities students and epistemological obstacles related to limits". Educational Studies in Mathematics, Vol. 18, No 4.

Waddington, C.H. (1977). Tools for thought. Basic Books Publ., New York.

# Instructional Approaches to Dealing with Conflicting Conceptions

**Lauren B. Resnick**
**University of Pittsburgh, Pennsylvania, USA**

Current cognitive theory, along with philosophical and historical analyses of science, points to a variety of possibilities for taking students' spontaneous conceptions into account in instruction. It is often suggested that instruction proceed by confronting students with contradictions of their spontaneous conceptions. Two different kinds of contradiction have been explored in instructional studies: empirical contradiction (i.e., confrontation with empirical data that contravene a spontaneous conception) and social contradiction (i.e., confrontation with a competing conception held by socially relevant others). I will review evidence and theoretical formulations that raise doubt that either form of contradiction can, by itself, lead students to scientific forms of thinking.

Two alternative possibilities for promoting scientific conceptions will be considered. The first is gradual modification of spontaneous conceptions. Some current cognitive research documents a process of gradual modification of existing knowledge structures as a result of processes of elaboration and self-explanation. Furthermore, potential roots or precursors of many scientific conceptions can be found in people's spontaneous conceptions. Science instruction might proceed by trying to identify such root conceptions and helping students (a) apply them to phenomena to which they had not previously been thought applicable, and (b) extend them through "thought experiments."

The second approach is to help students elaborate a new conception (a scientific one) and then subsequently set the old and the new conceptions into competition with one another. This approach recognizes the fundamental incommensurabilities between some spontaneous conceptions and the scientific conceptions we aim to teach by explicitly inviting the student to enter an

alternative world and try to think in its terms. Extended practice in reasoning within the new system eventually should make the new, scientific conception a fairly robust contender against the original spontaneous conception.

Both of these approaches to instruction assume that students have the *capacity* for logical reasoning from given principles and premises, whether these are their own initial principles or new ones introduced directly through instruction. Neither approach, however, assumes that students have the *disposition* to reason logically and to extend the predictive reach of their ideas. Both approaches take it as the task of instruction to cultivate such dispositions. It seems likely that extended instruction of this kind would succeed not only in teaching specific scientific concepts but also in developing a general style of hypothetical reasoning that is an important aspect of good scientific thinking.

**Résumés des communications portant sur**

**"La notion d'obstacle épistémologique: clarification de la notion et de son rôle dans l'apprentissage et le développement"**

# La perdurance des obstacles épistémologiques: un révélateur de leur nature

**Samuel Johsua**
**Université de Marseille, France**

De nombreux auteurs ont insisté sur le caractère résistant des conceptions premières des élèves face à un enseignement scientifique. Bachelard avait déjà décrit tout ce qui sépare le "sens commun" de "l'esprit scientifique" (donnant d'ailleurs naissance à la notion même d'obstacle épistémologique), et des études récentes se sont attachées à analyser les différences qualitatives qui séparent le savoir de l'expert de celui du novice.

Mais qu'est-ce qui confère une telle résistance aux conceptions naïves des élèves? Cette question est évidemment d'une importance décisive quant à ses implications didactiques.

Une première réponse consiste en cect: l'obstacle n'est pas assimilable à un blocage passif. Les élèves ne se contentent nullement de conserver, par devers eux, des idées "fausses". Les représentations servent au contraire de **base active** aux raisonnements des sujets. La connaissance scientifique doit se bâtir **contre** ces représentations naturelles.

Cela dit, on ne pourrait comprendre la solidité de ces représentations si elles s'avéraient systématiquement inefficaces. L'hypothèse la plus raisonnable paraît plutôt n'admettre que ces schèmes cognitifs, naïfs au regard de la théorie physique, sont pertinents dans une certaine mesure, et c'est justement ce qui les rend si solides.

**L'obstacle est producteur de sens. On ne peut n. le nier, ni le détruire: il faut le dépasser.** D'autant que les représentations des élèves font preuve d'une extraordinaire capacité d'adaptation logique.

En voici un exemple pris en électricité:

Dès l'étape initiale de l'enseignement, on prétend faire admettre aux élèves l'unicité de l'intensité du courant dans un circuit série. Mais les élèves abordent cette question à l'aide d'une représentation vague, celle "d'électricité" qui, analysée du point du vue du physicien, comporte des aspects "énergétiques" et "matériels". Pour le physicien, l'énergie de la pile est "consommée", bien que le débit d'électrons soit constant. Mais les élèves, pour qui les deux notions d'énergie et de courant sont mélangées, sont confrontés à une contradiction: comment le même fluide peut-il être à la fois consommé et conservé? Dans leur cadre conceptuel, n'est-il pas plus raisonnable de recourir à une conception dite "épuisement du courant" (le courant "s'use" au passage de l'ampoule, et revient affaibli à la pile)?

Bien que fausse du point de vue scientifique, cette conception permet tout de même d'intégrer des traits phénoménologiques importants (nécessité d'un circuit fermé, usure de la pile...) et permet, en fait, d'aborder déjà toute une classe de problèmes d'électricité pratique.

Cette position est si stable que, bien après avoir été apparemment dépassée dans la situation précise décrite ci-dessus, elle se manifeste dans des problèmes plus complexes.

On peut même observer des effets pervers de l'enseignement: convaincus d'avoir à admettre la constance du courant, les élèves ont tendance à généraliser indûment cette conclusion. Dans une large majorité, les étudiants d'Université considèrent ainsi qu'une pile va délivrer un courant constant, indépendamment du circuit où on l'insère. Ces capacités d'adaptation, de pertinence partielle, de cohabitation avec d'autres conceptions apparemment contradictoires, expliquent pour une large part la perdurance des obstacles, en même temps qu'elles indiquent que le dépassement de ces derniers ne peut être que le résultat d'un travail didactique de longue haleine.

# Ontological Commitments in Learning Physics

**Lauren B. Resnick**
**University of Pittsburgh, Pennsylvania, USA**

Recently there has been considerable discussion of whether naive or spontaneous conceptions in science - especially physics - represent organized theories or very local explanations that lack theoretical consistency. During the early years of research on spontaneous conceptions organized theories often were attributed to students - although usually on the basis of inadequate study of the relationship among the parts of *individual's* conceptions. In the last few years, the dominant view has been that students' spontaneous conceptions cannot be characterized as systematic theories, but rather as collections of ad hoc explanations. In this paper I will examine whether, although particular explanations may be local and ad hoc, certain ontological commitments may underlie and thereby *implicitly* organize spontaneous physics conceptions. These same ontological commitments, when they differ fundamentally from the ontology presupposed in modern scientific theories, may create serious epistemological obstacles to learning new scientific theories. Building on collaborative work with a physicist (Miriam Reiner of the Technion, Haifa, Israel) and a philosopher of science (Nancy Nersessian of Princeton University) I will propose that typical spontaneous conceptions in physics differ from modern scientific physics both in what is thought to *require* explanation and in what is thought to *constitute* an explanation. For example, spontaneous mechanics thinkers generally act upon the supposition that uniform motion is a process rather than a state, and that it therefore requires an explanation. At the same time, they appear to believe that physical explanations require specification of a mechanism rather than a relationship among entities (as in Newtonian mechanics). Similar shifts in ideas of what requires an explanation and what constitutes an explanation can be found in other domains of physics as well. With respect to their underlying suppositions, although not in the specific

explanations offered, today's spontaneous physics thinkers seem to share pre-modern ontologies. While they do not necessarily think *theoretically*, in the sense of deliberately seeking to explain a wide variety of phenomena in terms of a consistent set of constructs, their explanations are nevertheless grounded in presuppositions that appear to constitute epistemological obstacles to learning modern science.

# A Cultural Approach to Epistemological Obstacles

**Anka Sierpinska**

**Institut de Mathématiques de Varsovie, Pologne**

Let us assume, as Wilder (1981), that mathematics is an evolving culture. Wilder says this evolution is governed by "laws". One of these laws is: "At any given time, there exists a **cultural intuition** shared by members of the mathematical community, which embodies the basic and generally accepted opinions concerning mathematical concepts" (p. 133). Some of Wilder's examples of these "cultural intuitions" resemble things that, in other places, have been called "epistemological obstacles". But there are many different kinds of things and a clearer image is obtained if one retrieves Hall's (1956) idea of formal, informal and technical levels of culture. This idea can help in explaining how e.o. come into being, what are they, why are they unavoidable, indispensable, obstinate, giving way to strong emotions, the formal level of a mathematical culture seems to be constituted of a philosophy of mathematics (e.g. "mathematics contains absolute truths"), or a philosophy of science in general (e.g. "science has nothing to do with practice"), or explicit canons of rigour (an assumption made on the technical level of a theory can turn into a canon of rigour and loose its emotionally neutral character; this is what happened to Def.V,3 of "Elements": 'Ratio is a quantitative relation between two **homogeneous** magnitudes'). It is very difficult to escape from the domination of a philosophy one consciously or unconsciously believes in (cf. Waddington, 1977). Such a philosophy determines the **bounds** of one's world; but it is also a **tool for thought** - it structures one's world and helps to interpret it. The informal level of a mathematical culture is the level of the - in general unconscious - patterns and rules that govern our mathematical activity. We do not even know there are rules as long as they are not broken. Acquired socially by imitation and practice, they are very difficult to change. Moreover, our understanding of the basic categories of thought such as time, space, number, infinity, cause, ... and our idea of the structure of the world - which depend upon the general culture in which we were brought up - can also influence

our philosophies and mathematical behaviour. Linked with culturally shared beliefs and tradition, they can play the positive role of instinct, but also determine our ways of knowing.

This implies that an element of culture cannot be said to be an epistemological obstacle. Rather it may become one if the evolving culture comes across problems impossible to solve without changing this element. This makes the notion of e.o. doubly relative: with respect to a given stage of evolution of culture and with respect to a field of problems.

References.

HALL, E.T. (1959). The silent language.

WADDINGTON, C.H. (1977). Tools for thought. Basic Books Publ., New York.

WILDER, R.L. (1981). Mathematics as a cultural system. Pergamon Press, New York.

# Difficulté dans l'apprentissage de la physique: la structuration du monde matériel en physique et dans la vie quotidienne

**Andrée Tiberghien**
**CNRS - IRPEAT'S, Lyon, France**

Comme le dit Levy Strauss (1962) "Il existe deux modes distincts de pensée scientifique, l'un et l'autre fonction, non pas certes de stades inégaux du développement de l'esprit humain, mais des deux niveaux stratégiques scientifiques: l'un approximativement ajusté à celui de la perception et de l'imagination, et l'autre décalé, comme si les rapports nécessaires qui font l'objet de toute science - qu'elle soit néolithique ou moderne - pouvaient être atteints par deux voies différentes: l'une très proche de l'intuition sensible, l'autre plus éloignée. Tout classement est supérieur au chaos, et même un classement au niveau des propriétés sensibles est une étape vers un ordre rationnel." Nous reprendrons à notre compte cette analyse, non pas pour assimiler l'élève à l'homme du néolithique, mais pour aborder l'écart entre les conceptualisations de l'élève et celle du scientifique.

Il y a de multiples niveaux de conceptualisation d'une même situation matérielle qui peuvent aller de la description en termes d'événements, d'objets matériels et de leurs propriétés à une description en termes de systèmes et de grandeurs physiques. En effet, même une description apparemment naïve nécessite une conceptualisation: il y a une sélection des événements et des objets auxquels sont affectées des propriétés et une mise en relation entre ces propriétés.

Dans le processus d'enseignement, différents niveaux de conceptualisation coexistent simultanément chez les acteurs, professeurs et élèves et dans la connaissance transmise. De plus, très souvent dans l'enseignement les nouveaux concepts sont introduits à partir d'une ou deux situations considérées comme prototypiques par les experts. L'enseignement prend rarement en charge l'explicitation du champ d'application de ces concepts nouvellement introduits.

implicitement, on suppose que les apprenants utiliseront ces concepts pour une classe de situations identiques ou peu différentes de celles qu'utiliserait un physicien.

Dans cette communication nous discuterons des questions suivantes:

- Les élèves s'approprient-ils le champ d'application ou encore le champ de référence de ces concepts?
- Quel apprentissage nécessite cette appropriation?
- Y a-t-il des difficultés d'upprentissage, voire des obstacles liés à cette appropriation?

Les travaux que nous analyserons, sont issus d'une recherche sur les conceptions des élèves et leurs évolutions à l'occasion d'un enseignement portant sur les notions de chaleur et température dans les deux premières années de l'enseignement secondaire (12-13 ans). Nous discuterons ici des aspects concernant la conduction thermique enseignés au cours de la deuxième année.

Il nous est apparu que les élèves conceptualisent de façon semblable différentes situations que nous avons regroupées en catégories. Celles-ci sont différentes des catégories du scientifique relevant de la conduction thermique. Nous montrerons que suivant les catégories de situations, les interprétations des élèves peuvent être radicalement différentes alors que pour le scientifique elles mettent toutes en jeu le concept de conduction. De plus, notre analyse nous amène à faire l'hypothèse que, pour les élèves, ces groupes de situations ne relevant pas des mêmes phénomènes, il n'y a pas de nécessité de cohérence entre les interprétations.

Ainsi, l'appropriation par l'élève des catégorisations du physicien (pour un point de vue donné) nécessite de passer de mises en relation entre des propriétés d'objets à des mises en relation entre grandeurs physiques, ces dernières étant décalées par rapport à "l'intuition sensible".

L'apprentissage souhaité devrait amener l'élève à passer d'une conceptualisation en termes de propriétés de conservation d'état de chaud ou de froid affectées à des matériaux par exemple, à des opérations du type:

- identifier les systèmes (ou objets au niveau des élèves de cet âge) entre lesquels il y a transfert de chaleur;
- reconnaître une condition nécessaire à cette propagation: une différence de température entre ces systèmes;
- mettre en relation la vitesse de ce transfert et la nature des matériaux (plus ou moins conducteurs).

Ce décalage entre ces conceptualisations amène à poser une nouvelle question: peut-il y avoir des étapes intermédiaires d'apprentissage et si oui, lesquelles?

# Obstacles épistémologiques à la notion de variable: perspectives historiques

**Claude Janvier, Louis Charbonneau et Sophie René de Cotret**
**CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada**

La communication se situera dans la tradition de Bachelard selon laquelle un **obstacle épistémologique** apparaît comme une **connaissance qui fonctionne** et dont l'efficacité fait obstacle à l'avènement, à la construction d'une forme nouvelle de connaissance. L'obstacle de nature épistémologique ne peut donc pas être décrit comme dérivant de la trop grande complexité d'un objet ou de l'absence d'un moyen de représentation.

La présentation portera sur la **notion de variable** mathématique utilisée comme **outil pour décrire et étudier la variation** de grandeurs en fonction du temps.

L'utilisation de la variable mathématique apparaît comme l'aboutissement d'un long processus qui a été contré par de nombreux obstacles. Deux d'entre eux ont attiré notre attention et nous en ferons une étude sommaire.

Nous distinguerons d'abord la variable et l'inconnue. Aussi, le graphique cartésien peut apparaître comme un lieu de points donc envisagé comme une figure géométrique (statique) ou comme une description d'une fluctuation (de nature dynamique). Nous verrons donc qu'ainsi c'est chez un des précurseurs de Newton que le diagramme cartésien est devenu un moyen d'étudier la variation.

L'**utilisation des proportions** s'est présentée dans l'histoire comme un obstacle épistémologique à la notion de variable. En effet, cet instrument d'analyse quantitative du réel permettant de mettre en rapport deux rapports (donc deux mesures) s'est établi chez les Grecs pour imposer son efficacité jusque chez Galilée dont les lois sont décrites en termes de proportions.

Nous exposerons comment les anciens établissaient exclusivement des rapports entre grandeurs de même nature. Nous montrerons qu'ainsi la proportion a été un "instrument d'analyse à quatre entrées" ne permettant pas la mise en relation entre deux grandeurs. Nous verrons aussi que cette comparaison de grandeurs de même nature, bien qu'efficace, a empêché la notion de taux de surgir.

Un autre obstacle a consisté en une absence de support représentationnel pour prendre en compte le caractère continu du mouvement ou du changement. Nous verrons comment l'apparition tardive de l'écriture décimale a en effet empêché l'utilisation de la droite numérique comme instrument de représentation de l'"écoulement du temps".

En conclusion, nous comparerons les deux obstacles décrits plus haut et examinerons jusqu'où on peut les retrouver dans les processus de pensée des élèves. Nous pourrons donc conclure sur l'épineuse question de savoir jusqu'où l'histoire d'une discipline peut inspirer la didactique de cette discipline.

# Tendance à la réduction fonctionnelle: obstacle au savoir scientifique et objet de consensus

**Laurence Viennot**
**LDPES, Université Paris 7, France**

En physique comme en d'autres matières les phénomènes étudiés mettent en jeu, la plupart du temps, plus de deux grandeurs. Pour accéder à une certaine compréhension de ces phénomènes, au delà de l'aptitude à faire des calculs à leur propos, il faut maîtriser un tant soit peu les dépendances fonctionnelles entre les grandeurs physiques impliquées, donc pratiquer une analyse fonctionnelle à plusieurs variables.

L'objet de la communication est une description des procédures les plus couramment mises en oeuvre par étudiants et enseignants pour échapper à la nécessaire rigueur et à la complexité d'une telle analyse.

On illustre d'abord sur un exemple simple la distance qui sépare un point de vue numérique, associé à l'aptitude à faire des calculs, d'un point de vue fonctionnel, lequel permet d'accéder à un niveau supérieur de compréhension des phénomènes et de contrôle des calculs.

On présente ensuite les résultats concernant la notion de constante. Ce thème, paradoxalement, est l'occasion de manifester une tendance générale à la réduction de l'analyse fonctionnelle. En effet, la notion de grandeur physique constante ne s'identifie pas toujours, tant s'en faut, à celle de nombre. Le plus souvent, un énoncé tel que: "la grandeur X est une constante" renvoie à une liste d'indépendances fonctionnelles qu'il importe de connaître, et nécessite la spécification d'une liste d'autres grandeurs dont X dépend, sous peine de vider l'énoncé soit de son sens, soit de sa légitimité. Il apparaît une tendance forte vers l'identification de la notion de constante à celle de caractéristique d'objet, et par là à celle de nombre. Cette tendance pose la question de l'attitude enseignante à son propos.

Un deuxième exemple est pris dans l'expression des non-dépendances pour les problèmes à plusieurs variables. On y voit fonctionner, chez des enseignants, deux registres de compréhension différents. L'un de ces registres, très compatible avec l'expression courante des enseignants à propos de la matière même de leur enseignement, se révèle générateur de conflit lorsqu'appliqué à un contenu de vie courante. Là encore, l'idée de permanence temporelle d'un objet matériel semble nécessaire pour appréhender une notion de non-dépendance.

Plus largement, on évoque la tendance générale à la fabrication d'objets associés à des réductions de complexité fonctionnelle et la part qu'y prennent les enseignants dans un consensus apparent. On a donc là un exemple d'obstacle épistémologique au sens large, en ce qu'il n'est pas associé à un contenu particulier de la physique mais plutôt à une forme de raisonnement. On assiste à ce propos au résultat chez les enseignants de ruptures épistémologiques qui, pour avoir été sans doute très locales, n'en ont pas vraiment été. La question posée est de savoir si cette minimisation du conflit cognitif, celui éprouvé par l'enseignant comme celui qu'il entend susciter chez les élèves, ne serait pas une règle beaucoup plus générale qu'il n'y paraît.

**Résumés des communications**
**portant sur**

**"Les notions de conflit cognitif / socio-cognitif:**
**clarification et rôle**
**dans l'apprentissage et le développement"**

# Le conflit cognitif chez Piaget: une interprétation

**Michael Schleifer**
**CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada**

Je défends la thèse que chez Piaget le concept de conflit cognitif ne se réduit pas à une approche d'apprentissage social ("social learning approach"), mais contient un aspect *a priori* au sens kantien. Le conflit cognitif se distingue de la plupart des approches d'entraînement par conflit dans deux sens. Selon une première distinction, le conflit cognitif doit être réellement senti, vécu, par l'apprenant (an experienced conflict). Les méthodes d'intervention créent souvent diverses conditions de conflit, sans pour autant se préoccuper de savoir si effectivement le conflit a bien eu lieu d'une façon interne chez les sujets visés.

Ma deuxième distinction tourne autour du concept de nécessité. Les notions piagétiennes de conflit, équilibration, déséquilibration, etc. sont liées à un développement cognitif défini comme nécessaire. Alors qu'à l'opposé, pour l'approche américaine (non-développementale) les méthodes de conflit peuvent changer les idées dans n'importe quelle direction. Dans notre interprétation, le point de vue piagétien pointe sur un progrès cognitif, unidirectionnel (par exemple, nécessairement vers la justice, nécessairement vers un principe de conservation, etc.). Et cette nécessité renvoit à la notion d'*a priori*. J'avancerai donc ici une interprétation kantienne de Piaget. Ce volet kantien, qui insiste sur des *a priori* en logique et en morale (nécessité et universalité), me semble trop négligé, probablement à cause de la montée d'une épistémologie constructiviste de plus en plus radicale. Autrement dit, ce n'est que par la compréhension de cet aspect kantien oublié, qu'on pourra correctement analyser la notion de conflit cognitif chez Piaget.

Nous examinerons les deux domaines, de la morale et de la logique, pour tenter de mettre en évidence notre thèse. La maîtrise des principes moraux autant

que celle des principes logiques, requiert non seulement un sentiment que les propositions doivent être vraies, mais qu'elles sont nécessairement vraies. La pensée formelle, dans les deux domaines de la morale et de la logique, ne se réduit donc jamais aux "réponses correctes". Elle se situe, pour nous, à un niveau plus élevé qui est celui où l'apprenant réfléchit sur la totalité des possibilités. Par là s'impose la nécessité d'une structure cognitive opérant aux deux niveaux. Ce n'est d'ailleurs qu'à partir du moment où il y a deux niveaux que le conflit cognitif peut avoir lieu et opérer.

Dans la perspective de mon examen des thèses de Piaget, la logique et la morale constituent deux domaines d'application paradigmatiques de la notion de conflit cognitif. En effet, pour Piaget, logique et morale sont indissociables (cf. Le jugement de l'enfant, p. 32). Quant au concept de "social" proprement dit, on peut dire que Piaget réfère toujours aux transmissions et aux interactions sociales comme étant des facteurs insuffisants à eux seuls pour expliquer le développement et l'apprentissage (cf. La psychologie de l'enfant, Piaget-Inhelder, p. 123). Plus précisément encore, c'est le facteur d'équilibration qui est nécessaire et indispensable. La notion de conflit cognitif ainsi que les notions d'équilibration et d'auto-régulation sont utilisées par Piaget pour: "... concilier les apports de la maturation de l'expérience des objets et de l'expérience sociale". Piaget n'utilise d'ailleurs pas la notion de "conflit socio-cognitif" comme telle, mais simplement celle de conflit cognitif. Toutefois, si l'on accepte, comme pour ma part je l'accepte, que chez Piaget les aspects affectifs et cognitifs sont toujours inséparables, l'on comprendra que chez lui, "cognitif" et "socio-cognitif" s'équivalent. On fera ainsi l'économie d'une querelle de mots. Et l'on saisira mieux l'hypothèse avancée ici, sur le rôle des *a priori* pour l'apprentissage de la logique, dans ce que j'appelle mon interprétation kantienne de Piaget.

# Nature et effets des oppositions dans des situations de co-résolution de problème entre pairs

**Agnès Blaye,**

**UERS de Psychologie, Université de Provence, France**

Avec, pour cadre d'analyse, l'approche proposée par le courant européen de psychologie sociale génétique, nous avons étudié (Blaye, 1986, 1987, 1988) les mécanismes responsables de progrès individuels dans des situations de co-résolution de problème entre des pairs.

Un ensemble d'expérimentations a été réalisé avec des enfants de 5-6 ans auxquels nous avons proposé de résoudre une tâche d'organisation de produit de deux ensembles.

L'analyse des interactions entre les enfants n'a pas révélé d'indicateurs d'une dimension proprement conflictuelle. En revanche des oppositions de réponses ont été enregistrées. Elles se situent à différents niveaux.

Disposant d'un modèle de l'activité de résolution des sujets, nous avons été en mesure de dissocier, pour les besoins de l'analyse, les niveaux de performance produits des types de procédures mises en oeuvre. En effet, à la différence des épreuves de conservation à propos desquelles la thèse du conflit socio-cognitif a été élaborée, la situation de problème proposée ici n'est pas une tâche de jugement (Light, 1983).

Ce double niveau d'analyse emprunté aux travaux réalisés en psychologie cognitive concernant les activités de résolution de problème, a permis de mettre clairement en évidence les différents niveaux d'opposition pouvant exister entre des enfants travaillant en dyade et leur influence sur les productions individuelles subséquentes. Nous avons caractérisé trois niveaux:

a) Confrontation de performances terminales différentes.

b) Oppositions sur des performances intermédiaires (i.e. sur l'adéquation entre un élément de l'ensemble produit et une case de la matrice à compléter.

c) Incompatibilité entre les modes de résolution mis en oeuvre, provoquant une déstabilisation des procédures individuelles initiales.

Les résultats indiquent une tendance à une hiérarchisation entre ces trois catégories d'oppositions concernant leur efficacité à susciter des progrès, le premier type de confrontation étant le moins efficace.

Le caractère déterminant des oppositions à propos de réponses intermédiaires semble dépendre des conditions d'organisation de la confrontation et, en particulier, des autres sources de remises en question dont dispose le sujet. Plusieurs hypothèses interprétatives sont susceptibles de rendre compte des liaisons existant entre ce type d'oppositions et les progrès individuels observés en post-test. Le rôle des verbalisations a été tout particulièrement pris en considération.

L'effet, au plan des productions individuelles de la déstabilisation des procédures suscitée par la nécessité de se coordonner pendant l'activité de co-résolution, se manifeste non seulement par une évolution positive des performances individuelles mais également par l'adoption de nouvelles procédures de résolution. Celles-ci témoignent d'un changement dans les sources de régulation utilisées par le sujet pour gérer son activité.

La situation d'interaction sociale est ainsi considérée ici comme un moyen privilégié de provoquer des changements dans le fonctionnement cognitif des sujets à propos de la résolution d'un problème particulier.

Résumés des communications
portant sur

"L'intervention pédagogique utilisant
les notions d'obstacle et conflit"

# Obstacle ontogénique, obstacle culturel dans l'homogénéisation de l'espace

Guy Brousseau
Université de Bordeaux I, France

## 1. Conceptions hétérogènes de l'espace

L'hypothèse que la maîtrise progressive des relations spatiales passerait par des conceptions "locales" différentes et durables a été avancée par G. Galvez et G. Brousseau (•••) qui ont distingué:

a) Un micro-espace: représentation des "objets" indéformables (identification, positions et mouvements conjugués et par rapport à l'observateur...) qui se forme dans la manipulation des petits objets. C'est un espace de dimension 3 localement homogène et isotrope.

b) Un méso-espace: représentation des positions et des mouvements du sujet par rapport à un domaine fixe, sous le contrôle de la vue (repérages et mouvements relatifs), espace de dimension 3, hétérogène pour les translations et pour les homothéties et anisotrope.

c) Des macro-espaces (urbain, campagnard, maritime), représentation des positions et mouvements de mobiles hors du contrôle de la vue (des recollements de cartes, de l'intégration des rotations, des positions et mouvements de nombreux systèmes de référence...), espaces de structures mathématiques variées (graphes quasi planaires ou type R2).

## 2. Adaptations et inadaptations. Obstacle ontogénique

a) Ces représentations se manifestent par des modèles implicites ou des schèmes d'actions, par des formulations particulières, par des théorèmes en

actes... Elles se développent dans la recherche par le sujet de la maîtrise de ses relations avec l'espace environnant, et dépendent de la familiarité de chaque type de situations.

b) Les domaines d'efficacité de ces différentes conceptions sont presque disjoints, chacune étant assez inefficace ou même contredite sur les domaines des deux autres. R. Berthelot et M.H. Salin (1988) montrent:

- que la conception d'un espace homogène entre en contradiction avec ces représentations "naturelles",
- qu'une homogénéisation des conceptions de l'espace est nécessaire,
- qu'elle nécessite des ruptures et des reprises et provoque des conflits cognitifs,
- mais qu'elle ne semble pas se heurter à des difficultés insurmontables (sans qu'il apparaisse clairement des obstacles).

c) Cependant le développement ontogénique de l'enfant ne suffit pas à faire aboutir le processus: un apport culturel et des apprentissages sont nécessaires (Paez, L. ....).

### 3. Etude du système didactique, homogénéisation, isotropisation

a) L'élève de la scolarité obligatoire présente de façon évidente des besoins d'apprentissages scolaires pour atteindre une certaine maîtrise de ses relations avec l'espace environnant. Il doit notamment construire (par homogénéisation et isotropisation) des représentations personnelles mentales et explicites, et acquérir des représentations culturelles efficaces.

b) Or, au lieu d'identifier ce besoin et de lui répondre de façon appropriée, le système éducatif doit chercher une référence dans le savoir "scientifique" et utiliser cet objet culturel devenu objet d'enseignement, comme moyen de réaliser le projet didactique initial. Dans le cas présent, la référence culturelle "la plus proche" est la **géométrie** dont le référent est bien l'"espace" d'une certaine façon mais dont les préoccupations sont toutes différentes.

c) Ce véritable "**effet Jourdain**" conduit l'enseignement primaire à présenter, de manière purement ostensible, des objets géométriques: le carré, le triangle, etc.

d) Il semble que cette solution

- ne résout pas les problèmes de représentation de l'élève,
- ne prépare en rien le futur enseignement de la géométrie,
- conduit les professeurs à développer une épistémologie sous-jacente empiriste et une didactique d'ostentation sans grandes qualités éducatives.

## 4. Obstacles didactiques, obstacle culturel

Pour appuyer le raisonnement ci-dessus, il est nécessaire d'étudier au moins quatre questions:

a) Une maîtrise insuffisante, en particulier des représentations hétérogènes et anisotropes forment-elles un obstacle à l'apprentissage de la géométrie telle qu'on la conçoit pour l'enseignement secondaire? Serait-il plus efficace, de ce seul point de vue, d'organiser à l'école primaire des activités d'enseignement qui auraient pour résultat d'améliorer la maîtrise de l'espace par les élèves ou d'organiser plus tard le dépassement ou le contournement de l'obstacle?

b) L'apprentissage actuel de la géométrie à l'école primaire produit-il des conceptions qui font obstacle à l'apprentissage ultérieur de la géométrie,

- tel qu'il est conçu actuellement?
- s'il était davantage axé sur l'objet mathématique de la géométrie?

c) Les conceptions empiristes des professeurs proviennent-elles en partie du divorce signalé ci-dessus entre la problématique (et la dialectique) qui a engendré le savoir servant de référence et celle qui conduirait au développement des représentations de l'espace chez l'élève?

d) Existe-t-il d'autres exemples de ce phénomène d'inadéquation de la solution culturelle à un problème d'apprentissage?

L'étude de ces questions implique la réalisation de dispositifs d'enseignement nouveaux répondant à des contraintes particulières (ingénierie et phénoménotechnique didactique).

# Des relations additives aux relations multiplicatives: construction socio-cognitive de représentations de ces relations

Gisèle Lemoyne
CIRADE et Université de Montréal, Canada

Des binômes constitués d'élèves de 3 ième année (âge moyen: 9 ans) sont invités à illustrer diverses relations et divers problèmes additifs et multiplicatifs dans un environnement informatique "contraignant". Les contraintes sont de diverses natures: **a) contraintes sur le déroulement des activités:** ils ne peuvent généralement produire seuls les illustrations, devant à tour de rôle réaliser une action dans la séquence d'actions nécessaires à la production de chacune des illustrations; ils ne peuvent supprimer un ou plusieurs éléments d'une illustration mais doivent plutôt tenter de s'entendre sur un projet commun; ils sont appelés dans certaines situations à coordonner leurs actions avec celles de l'animateur; **b) contraintes sur les objets:** l'environnement leur offre un certain nombre d'objets qu'ils peuvent choisir et modifier selon des règles précises; dans certaines situations, ils ne peuvent choisir qu'un type d'objets; **c) contraintes sur la séquence des relations ou des problèmes à illustrer:** dans la majorité des situations, ils doivent respecter la séquence des relations ou des problèmes à illustrer, cette séquence les obligeant à soit une modification d'une illustration initiale, soit à une interprétation différente d'une illustration antérieure. Ces contraintes visent l'élaboration de règles de transition entre les représentations des relations additives et multiplicatives.

Six activités sont présentées à ces élèves. Dans la première et la dernière activité, ils sont invités à formuler divers problèmes additifs et multiplicatifs. Chacun de ces élèves est ensuite invité à illustrer à l'aide de l'environnement informatique un certain nombre de relations mathématiques de forme générale (ex: chacun des ... a un certain nombre d'objets); ils ne sont pas contraints de respecter l'ordre de présentation des relations et ils sont informés de la possibilité de modifier une illustration d'une relation antérieure afin de satisfaire aux

exigences d'interprétation d'une nouvelle relation. Regroupés en binômes, ils réalisent les activités subséquentes. Dans la troisième activité, les relations sont regroupées en séquences (ex: 1. chaque ... a un certain nombre d'objets; 2. autant d'objets dans ... que dans ...; 3. 5 objets de plus dans ... que dans ...; 4. fois plus d'objets dans ... que dans ...; 5. moins d'objets dans ... que dans ...); ils doivent respecter l'ordre de présentation des relations dans chacune des séquences, partant d'une illustration de la première relation et la modifiant au besoin pour rendre compte de la relation suivante et ainsi de suite... Pour certaines séquences, l'expérimentateur impose des restrictions sur les objets et les quantités. De plus, les enfants doivent à tour de rôle réaliser chacune des actions nécessaires à la constitution des illustrations et justifier leurs actions en cas de désaccord. Dans la quatrième activité, les élèves doivent illustrer des séquences de problèmes (ex: séquence 1: problème 2: "Julie a acheté deux fois plus d'animaux aquatiques que ne l'a fait Marcelin. En tout, ces enfants possèdent 24 animaux"; problème 3: "Dans un magasin où l'on peut se procurer des animaux aquatiques, le marchand peut offrir à ses clients 4 tortues de moins que de poissons"). Les consignes pour cette activité sont les mêmes que celles décrites pour l'activité précédente. Dans la dernière activité, les élèves doivent faire correspondre aux illustrations réalisées par l'expérimentateur des problèmes additifs et multiplicatifs: ils doivent s'entendre sur leurs choix et les justifier. Enfin, la première activité est à nouveau soumise à chacun de ces élèves.

L'ensemble des contraintes accompagnant la réalisation des troisième, quatrième et cinquième activités obligent les élèves à une coordination de leurs actions et de leurs interprétations. C'est donc dans un environnement favorisant la mise en place de conflits socio-cognitifs que s'élaborent les représentations des relations additives et multiplicatives. L'analyse des comportements des élèves permet une évaluation de la pertinence didactique de ce paradigme et l'identification des conflits suscités chez ces élèves. Cette analyse concourt également à une meilleure compréhension des obstacles marquant le développement de la compréhension des relations multiplicatives.

# Obstacles épistémologiques et modèles de changement conceptuel dans l'apprentissage des sciences

**Jacques Désautels**
**CIRADE et Université Laval (Québec), Canada**

L'affirmation d'inspiration ausubélienne selon laquelle les connaissances préalables d'une personne constituent l'un des facteurs les plus importants dans l'apprentissage, a reçu une confirmation magistrale, tout au moins dans l'apprentissage des sciences, au cours des quinze dernières années. On a pu établir avec passablement de certitude que les modèles ou conceptions que les élèves élaborent à propos de phénomènes naturels et ce, avant qu'ils ne fréquentent les classes de sciences, tendaient à se conserver malgré un enseignement formel parfois assez long.

Outre le fait que ces recherches portaient un dur coup aux théories empiristes de l'apprentissage, elles soulevaient tout un ensemble de problèmes nouveaux, dont celui du changement conceptuel. En effet, si on ne pouvait plus concevoir l'apprentissage comme un processus d'accumulation, il était également devenu impossible de l'imaginer comme le seul effet d'une structure cognitive (opérations logico-mathématiques) dans l'interaction sujet-objet. Il fallait à tout prix concevoir un modèle qui précise les conditions de la transformation des connaissances du sujet, d'où l'idée de changement conceptuel. Mais comment concevoir ce dernier?

La solution la plus simple mise de l'avant, et qui laisse supposer que ce processus est strictement logique, consiste à penser que, face à une évidence empirique contradictoire, le sujet va abandonner ses connaissances et en reconstruire d'autres s'approchant davantage de celles qui sont reconnues dans le cadre d'une discipline.

Les tentatives de réalisation de stratégies pédagogiques qui s'inspiraient de cette problématisation du changement conceptuel ont fourni peu de résultats convaincants et pour cause. On postule en effet qu'il peut exister quelque chose comme une évidence empirique contradictoire, alors que l'on sait depuis un bon moment qu'il n'existe pas d'observation neutre ou encore qui ne soit théoriquement testée - ce qui est évident pour les uns ne l'est pas nécessairement pour les autres. On oublie par ailleurs qu'il y a plus d'une façon de s'en sortir dans une confrontation avec un problème et que les hypothèses *ad hoc* sont un outil précieux - même pour les scientifiques. On oublie également de considérer que les impératifs intellectuels qui poussent les uns à produire des connaissances présumées vierges de toute contradiction (est-ce possible?), ne sont pas nécessairement partagés par les élèves. Enfin, l'idée naïve selon laquelle une connaissance peut être remplacée par une autre via un processus de substitution est elle-même contradictoire dans le cadre de la perspective constructiviste qui alimente la réflexion sur le changement conceptuel.

En bref, si la prise en compte des connaissances préalables des élèves demeure nécessaire pour faciliter l'apprentissage de connaissances disciplinaires établies, il nous semble toutefois que les stratégies pédagogiques devront s'inspirer de considérations théoriques différentes. En ce sens, nous présenterons une stratégie dite de dérangement épistémologique qui vise à induire chez les sujets une prise de conscience de limites inhérentes à tout procès de connaissance, dont le leur, condition nécessaire à une participation informée aux jeux de la connaissance.

# Les nombres négatifs et l'introduction à l'algèbre

Gérard Vergnaud
CNRS, Paris, France

L'introduction à l'algèbre se fait en France en classe de cinquième et de quatrième (7e et 8e grades). Ce qu'on entend alors par algèbre, c'est principalement la résolution d'équations simples du premier degré, encore que très vite on aborde la factorisation et les identités remarquables, c'est-à-dire des expressions du second degré qui peuvent être aisément réduites.

En France, jusqu'à l'an dernier, les nombres relatifs étaient introduits avant l'algèbre, prise dans le sens que je viens de donner. Ce n'est pas une remarque anodine, quand on sait que les nombres négatifs sont nés de la réflexion sur le calcul algébrique et sur la résolution des équations qui n'ont pas de solution positive: $a + x = b$ $(a > b)$ par exemple.

On sait, en même temps, par de nombreuses études et par l'expérience ordinaire des enseignants, que les élèves ont encore de grandes difficultés avec les nombres négatifs à la fin de la troisième (9e grade). Le concept de nombre négatif et surtout les opérations portant sur les négatifs constituent un obstacle épistémologique durable, gravement durable même puisque la majorité des élèves ne parviennent jamais à en maîtriser le sens, si on donne pour critère de cette maîtrise le calcul algébrique, la résolution d'équations et la mise en équation.

On peut poser plusieurs questions didactiques importantes à ce propos.

- Faut-il donner du sens, dès le début de l'algèbre, à la solution négative d'une équation?
- Faut-il que ce sens soit emprunté, pour partie au moins, au fait qu'un nombre négatif peut représenter une transformation ou une relation négative?

- Faut-il enseigner les nombres négatifs (et positifs) avant d'introduire l'algèbre, en même temps, ou après?
- Faut-il s'intéresser à ce problème d'ordre temporel dès l'école élémentaire?
- Et surtout, comment faire?

Des expérimentations didactiques seront rapportées qui sont parties du principe qu'il était intéressant d'introduire très vite le concept de solution négative d'une équation (en quatrième et en cinquième). Cela suppose néanmoins un travail préalable; l'absence de travail préalable compromet la bonne marche de l'apprentissage. Et de toutes façons cela ne règle ni la question du calcul algébrique avec des négatifs, ni la polysémie du signe "-" dans le calcul.

# Situations conflictuelles expérimentées pour faire face à quelques obstacles dans une approche constructiviste de l'arithmétique au primaire

Bernadette Janvier et Nadine Bednarz
CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada

De 1978 à 1986, nos recherches ont gravité autour d'une notion mathématique qui occupe une grande place dans le programme de l'école élémentaire, la numération. Nous avons mis en évidence les difficultés rencontrées par les enfants dans l'apprentissage de la numération, ainsi que les conceptions qu'ils développent, explicité en quoi celles-ci constituent des obstacles à l'apprentissage d'autres notions et plus particulièrement à l'étude des décimaux.

Suite à une analyse des manuels et des pratiques scolaires, il s'avère que la plupart des conceptions "erronées" des élèves sont les conséquences prévisibles de l'enseignement qu'ils ont reçu. L'enseignement consiste en effet, en grande partie, en un décodage conventionnel de l'écriture décimale et en une pratique plutôt formelle des règles qui la régissent. La progression dans l'apprentissage est essentiellement dictée par la taille des nombres, et la numération est considérée comme préalable à l'apprentissage des opérations, ce qui conduit à traiter ces deux notions séparément. Une telle approche de la numération est difficilement justifiable, dans une perspective historique et épistémologique, car elle ignore les grandes étapes du développement de la notion et ne prend pas en considération les obstacles et difficultés rencontrés lors de son apprentissage.

Si on adopte ces préoccupations, on opte davantage pour un apprentissage dans lequel l'élève doit développer une suite de représentations du nombre devant aboutir à l'écriture conventionnelle. C'est en le plaçant continuellement dans des situations où il a à communiquer de l'information sur des collections et à opérer sur celles-ci qu'on oblige l'élève à recourir à ses propres représentations, à les raffiner pour que de très figuratives et descriptives qu'elles sont au départ, elles

deviennent de plus en plus abstraites et conventionnelles, les rendant ainsi utilisables pour n'importe quelle collection.

Nous avons mis en pratique un tel apprentissage avec un groupe de 25 enfants pendant 3 ans. Autour d'un matériel choisi, se greffe un certain nombre de contextes de la vie courante (jeu, chaîne de production, commande...). L'apprentissage se réalise pendant quelques mois dans chacun des environnements choisis, l'ordre de succession de ceux-ci étant établi en fonction de notre objectif de faire évoluer les représentations des élèves.

Cette démarche d'apprentissage, articulée sur les procédures et représentations des élèves, a davantage mis en lumière des difficultés ou conceptions relevées ou soupçonnées lors de l'étude historique et épistémologique de la numération et qui n'apparaissent que peu ou pas lors d'un apprentissage traditionnel, par exemple: la double nature du zéro, la qualité d'une "bonne représentation", l'attitude persistante à retourner à la collection d'éléments, ...

Pour forcer l'enfant à remettre en question ses conceptions, à réorganiser ses connaissances de façon à ce que son apprentissage continue à progresser, des situations de communications sous diverses formes ainsi que des confrontations de procédures via des formes de représentations diverses se sont avérées fort efficaces.

Nous présenterons des situations conflictuelles expérimentées à l'occasion de cette recherche pour faire face à quelques obstacles. Nous terminerons en faisant état d'obstacles sociaux, généraux que nous n'avons pu ignorer et qui relèvent de la conception qu'a la société (professeurs, parents, élèves...) du rôle de l'enseignant, de la nature des mathématiques, des capacités de créativité intellectuelle et de découverte des enfants. Pour pouvoir réaliser un apprentissage construit à partir des connaissances, des difficultés, des conceptions des élèves, il nous a fallu en effet faire face à de tels obstacles et essayer de les négocier. Nous verrons comment nous avons réussi avec notre groupe d'enfants, partiellement avec leurs parents et à un bien moindre degré avec les autres groupes d'intervenants.

# L'utilisation du conflit socio-cognitif dans une pédagogie contribuant à la représentation du dynamisme en mathématiques

Nadine Bednarz et Catherine Garnier
CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada

Certaines situations en arithmétique mettant en jeu la reconstruction mentale d'un changement causent des difficultés aux enfants. Ces situations consistent brièvement en interventions opérées par un agent externe ou non sur un état initial donné (collection discrète, grandeur continue, position) donnant naissance à un nouvel état. Les états initial et final étant connus, l'enfant doit se représenter-recréer le changement intermédiaire qui s'est opéré. Plusieurs chercheurs (Vergnaud 1982, Moser et Carpenter 1982, Hiebert 1982, Riley et Greeno 1983, Nesher 1982, Resnick, 1987, ...) confirment la complexité pour les jeunes enfants de telles situations. L'étude réalisée par Bednarz et Janvier (1987) auprès d'enfants de 1ère à 6e année du primaire (6-7 à 11-12) montre que ce problème n'est pas juste local, mais qu'il se retrouve à différents niveaux. Lorsque les situations se complexifient, les mêmes procédures erronées réapparaissent: les enfants se centrent sur les états, les combinant de différentes façons et ne peuvent se représenter le changement intermédiaire. Ces résultats, avec ceux portant sur l'analyse des représentations produites par les enfants dans un contexte de résolution de problèmes mettant en jeu la reconstruction d'un changement, nous révèlent d'importants obstacles qui interfèrent avec la résolution de ces situations.

La connaissance que nous avons des procédures erronées et des représentations produites par les enfants dans ces situations nous a conduit à penser à une intervention didactique qui amènerait les enfants à se centrer davantage sur les changements et à anticiper les effets de ceux-ci. Une telle intervention a été élaborée auprès d'un groupe d'enfants de 5e année du primaire (11 ans). Cette intervention est inspirée d'une approche socio-constructiviste développée par Garnier (1985-1987) en vue de vérifier comment les processus de

décentration et d'anticipation se développaient chez des enfants du primaire au cours d'activités collectives.

Dans le cadre de cette expérience, à l'intérieur d'une activité collective, un groupe d'enfants sera conduit, autour d'un jeu de passes de ballon, à vivre des déplacements, à réfléchir sur leurs effets et à évoluer progressivement vers la construction d'un jeu plus complexe. La pédagogie socio-constructiviste amènera ainsi, durant 5 séances, les enfants à évoluer, à partir d'un jeu connu au départ, d'une action de jeu séquentielle où les déplacements sont conçus comme des états à une action de plus en plus continue et coordonnée.

Par confrontation de stratégies élaborées par deux équipes à l'intérieur du jeu, on assistera à une déstabilisation des procédures des joueurs et à une construction progressive d'un jeu plus élaboré.

Une épreuve préliminaire (socio-cinétique et mathématiques) a permis de choisir le groupe d'enfants ayant participé à l'expérimentation (formé en majorité de non-reconstructeurs).

Une entrevue a été par ailleurs conduite avant et après l'expérimentation auprès du groupe et d'un groupe contrôle. L'analyse des entrevues met en évidence les habiletés des enfants à résoudre des problèmes mettant en jeu la reconstruction d'un changement et leur représentation.

Nous présenterons brièvement les résultats de cette étude pilote, et mettrons surtout l'accent sur l'évolution progressive des enfants à l'intérieur de l'activité collective

# Problématisation des notions d'obstacle épistémologique et de conflit socio-cognitif dans le champ pédagogique

**Maria-Luisa Schubauer-Leoni**
**Université de Genève, Suisse**

Dans le but de problématiser les notions d'"obstacle épistémologique" et de "conflit socio-cognitif" dans le champ éducatif, je propose tout d'abord de penser la relation d'enseignement comme une relation entre un **enseignant** des **élèves** et un **savoir** spécifique.

Du coup, l'identification d'éventuels **obstacles** à **une connaissance** particulière tient compte notamment:

- des **conceptions** relatives aux **mécanismes d'apprentissage** en jeu, voire des conditions d'accès à ce savoir spécifique (plus largement je considère que de telles conceptions relèvent des représentations du savoir);
- de la **définition** et de l'**interdépendance** des **rôles attendus** au sein de la relation d'enseignement/apprentissage.

La prise en considération d'un "conflit" qui serait cognitif et/ou social repose également sur la conception relative aux éléments supposés jouer le rôle de moteur des apprentissages.

Pour l'**enseignement des mathématiques**, à partir des travaux existant en didactique des mathématiques, en psychologie sociale génétique, et en psychologie sociale des situations didactiques, il est possible de commencer à élaborer un modèle prenant en considération certaines **erreurs persistantes** dans la construction par les élèves de savoirs mathématiques précis et de concevoir des situations didactiques faisant intervenir des conflits entre conceptions du savoir. De tels conflits seraient alors rendus saillants dans et par un contexte interactif à préciser, devant permettre le franchissement de l'obstacle.

Pourtant, ce travail d'ingénierie ne me semble pas pouvoir se passer d'un autre plan d'investigation: celui relatif aux **représentations** qu'enseignants et élèves élaborent d'une part **des savoirs enseignés** et d'autre part **des conditions d'accès à ces savoirs.**

Je considère en effet que selon le type de **représentation professionnelle** construite par l'enseignant à propos **des savoirs enseignés** et du **"comment les différents élèves y accèdent"**, l'attention qui va être portée par le maître à la nature des erreurs des élèves va être différente. Différentes aussi vont être les décisions de "remédiation" que l'enseignant va prendre pour contrer ce qu'il identifie peut-être comme une "difficulté spécifique d'un élève" ou "d'un groupe d'élèves", ou comme "difficulté inhérente à la tâche et à son contenu".

En d'autres termes je propose de réfléchir à **"qui considère quoi comme un obstacle à la connaissance?"** et de relier cette question avec la suivante: **"pourquoi un élève réussit-il (ou échoue-t-il) en mathématiques?"**

Dans le cadre de l'exposé je ferai référence à mes travaux en cours dans ce domaine.

## Résumés des présentations affichées

---

## (POSTERS)

## Résumés des présentations affichées

---

## (POSTERS)

# Obstacles épistémologiques au développement du concept de fonction

Sophie René de Cotret
CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada
et Université de Grenoble, France

Les recherches et les travaux effectués à ce jour définissent souvent l'obstacle épistémologique comme étant une connaissance qui fonctionne bien, mais seulement pour un champ restreint d'un domaine donné. C'est lorsqu'on veut aller plus loin que notre connaissance s'érige en obstacle. Cet obstacle est constitutif du savoir, on peut dire qu'il est en quelque sorte nécessaire au développement de la notion.

Dans le cadre de notre recherche de maîtrise, nous avons recherché les obstacles épistémologiques (au sens donné précédemment) au développement de la notion de fonction. C'est en étudiant l'histoire que nous avons mis en évidence les obstacles suivants: proportion, homogénéité, incommensurabilité et séparation entre nombre et grandeur.

## Proportion

Chez les Grecs, et jusqu'au moyen âge, les relations entre grandeurs ou quantités étaient exprimées au moyen des proportions. De ce fait, on devait toujours considérer 4 éléments à la fois. Cette façon de procéder dissimulait la relation de fonctionnalité qui pouvait exister entre les 2 variables en jeu. Par exemple, pour exprimer la relation qui existe entre l'aire et le diamètre, on procédait ainsi: $A_1/A_2 = (d_1)^2/(d_2)^2$. On sait alors que le rapport des aires est égal au rapport des carrés des diamètres, mais on ne connaît pas la relation entre l'aire et le diamètre d'un cercle. Cet élément de fonctionnalité n'est pas exprimable par les proportions.

**Homogénéité**

Le principe d'homogénéité stipulait qu'on ne pouvait comparer que des choses de même nature. Ainsi, avant le franchissement de cet obstacle, il a été impossible par exemple de donner une définition métrique de la vitesse, c'est-à-dire qu'on ne pouvait définir la vitesse comme une fonction de la distance et du temps, i.e. $v = d/t$, car ces éléments sont de natures différentes. On utilisait donc toujours les proportions, par exemple $v_1/v_2 = t_2/t_1$.

En réalité, ce qui était mis en relation était, non pas les éléments eux-mêmes, mais les rapports de ces éléments, et ces rapports pouvaient être quantitatifs, mais ils pouvaient aussi être simplement des rapports de grandeurs non exprimables numériquement.

**Incommensurabilité**

On ne peut pas dire que la connaissance de l'incommensurabilité soit un obstacle comme tel au développement de la notion de fonction, mais son influence ayant été considérable sur l'utilisation des proportions, nous croyons tout de même à propos d'en parler un peu.

Alors que l'école pythagoricienne essayait d'exprimer les rapports de grandeurs de façon numérique, voilà qu'il apparaît que pour certaines grandeurs, cette expression numérique est impossible car aucune unité commune de mesure n'existe! C'est l'incommensurabilité. (Ex: la diagonale et le côté d'un carré). Du coup, tous les efforts investis dans la numérisation s'effondrent et on en est réduit à revenir à des rapports de grandeurs non numériques. On peut comparer des rapports, mais il n'est pas toujours possible de connaître la valeur de ces rapports.

**Séparation nombre et grandeur**

Finalement, tous ces obstacles ont abouti à une séparation entre nombre et grandeur. Les rapports de grandeurs ne peuvent pas nécessairement être exprimés par des rapports de nombres, et on doit donc les traiter différemment.

Avec l'école pythagoricienne, on avait esquissé un pas en avant vers la fonction, voilà qu'avec l'incommensurabilité on recule de deux. On fait maintenant des théories pour les nombres et d'autres pour les grandeurs, alors que la fonction a besoin de l'unification de ces deux éléments afin d'exprimer clairement la relation entre deux éléments variables. La fonction ne demande pas seulement de savoir qu'un élément varie avec un autre, il faut aussi savoir les termes de cette dépendance afin d'établir précisément ce qui se passe et pouvoir prédire.

# De l'espace perceptif à l'espace représentatif, des obstacles épistémologiques?

Richard Pallascio et Richard Allaire, Université du Québec à Montréal
Pierre Mongeau, Université de Montréal et Laurent Talbot, Université du Québec à Montréal

Piaget avait mis en lumière la nécessité de dissocier l'espace perceptif de l'espace représentatif, afin de bien comprendre l'ordre dans l'appropriation des propriétés géométriques, par exemple, la notion de voisinage intervenant avant les autres axiomes euclidiens: "[...] l'espace perceptif se construit beaucoup plus rapidement que l'espace représentatif; il atteint même un niveau déjà projectif et quasi-métrique au moment où débute la représentation imagée, et où celle-ci en demeure à la construction, et en partie à la reconstruction, des rapports topologiques élémentaires. Il y a donc un décalage, et même de quelques années, entre les deux constructions perceptive et représentative, malgré l'analogie de leurs processus évolutifs [...]".[1]

Or les résultats de notre recherche[2] portant sur l'élaboration d'une typologie des habiletés spatiales (structuration, transposition, génération, détermination et classification), nous laisse entrevoir un "revirement cognitif" intervenant après l'appropriation d'une perception structurale ou opératoire, eu égard à une étape donnée du développement de la perception spatiale, qui aurait pour effet de retrouver l'ordre historique (et non génétique) du développement de la géométrie, dans l'appropriation d'une perception formelle ou figurative, ce qui relève ici de l'ordre de la représentation.

Il semble donc que des connaissances acquises sans s'assurer d'une base structurale suffisante, bloquent le développement de nouvelles connaissances: "un premier système mathématique empêche parfois la compréhension d'un système nouveau"[3]. Des obstacles (épistémologiques?) proviendraient de la non-reconnaissance, dans la pratique éducative, de l'inversion historico-génétique inhérente au développement de la perception spatiale: "Les rapports topologiques

d'abord, puis les relations projectives et euclidiennes, supposent un nombre croissant de coordinations toujours plus complexes entre les actions elles-mêmes"[4].

Notre présentation affichée va consister à expliciter notre point de vue et à montrer comment le développement de la perception spatiale, basé sur une nouvelle typologie des habiletés perceptives, peut tenir compte de ces obstacles.

---

1 La représentation de l'espace chez l'enfant, Piaget, J. et B. Inhelder, PUF, 1948, p. 535.

3 L'apport de l'environnement dans le développement organisé d'habiletés perceptives d'objets géométriques, Pallascio, R., Allaire, R., Mongeau, P. et L. Talbot, 1987–89, recherche supportée par le CRSH (#410–87–1277), le FCAR (#EQ-1046) et la Fondation Apple pour l'Éducation.

2 La formation de l'esprit scientifique, Bachelard, G., Vrin, 4è éd., 1965, p. 22.

4 Piaget, id., p. 539.

# L'activité de représentation externe du problème comme déclencheur de conflit

**Diane Biron**
**CIRADE et Université de Montréal, Canada**

Dans le cadre d'une recherche que nous menons présentement (portant sur l'étude du rôle de l'activité de représentation externe dans la résolution de problèmes mathématiques complexes par des enfants du primaire), nous avons observé que certains enfants, placés dans un contexte où ils sont d'abord invités à résoudre un problème mathématique complexe puis à faire un dessin dans le but d'aider un ami à comprendre le problème, modifient leur première réponse au problème durant l'activité de représentation externe (dessin). Ce phénomène, bien que peu fréquent et se manifestant seulement parmi les sujets les plus âgés de notre échantillon (cinquième et sixième année primaire), mérite à notre point de vue d'être étudié. Pourquoi ces enfants changent-ils leur solution? Qu'est-ce qui les incite à changer de réponse? L'activité de représentation externe a-t-elle, dans ces quelques cas, amené les enfants à établir de nouvelles relations entre les données du problème et à remettre en question une première représentation du problème? Peut-on parler ici d'un conflit cognitif? Quel rôle a joué effectivement la représentation externe (le dessin) dans la résolution du problème? Nous travaillons actuellement à mieux caractériser les quelques enfants ayant changé leur solution au cours de l'étape de représentation externe (dessin) et à mieux comprendre les circonstances ayant amené ce changement. La présentation des premiers résultats de cette analyse fera l'objet du poster présenté lors du Colloque International "Obstacle épistémologique et conflit socio-cognitif".

## But de l'étude

Le phénomène que nous venons de décrire et que nous cherchons à comprendre s'inscrit dans le cadre d'un projet de recherche dont les objectifs visés dépassent largement l'examen de cet aspect particulier. Il apparaît important de situer notre étude dans sa perspective plus globale.

**Problème posé**

Les recherches menées par Dufour-Janvier, Bednarz et Bélanger (1987) nous amènent à nous interroger sur le rôle et l'apport de certaines représentations externes données *a priori* que l'on retrouve dans les manuels scolaires de l'élève et sur la façon dont on aborde et utilise en classe la représentation externe. La difficulté que rencontrent les enfants à interpréter certaines représentations externes fournies *a priori* (alors que ces représentations devraient en principe être un support à l'apprentissage) et la faible utilisation de ces représentations lors de la résolution de problèmes (alors qu'en principe elles devraient contribuer à la résolution, Biron, 1984), sont autant d'observations qui contribuent à penser que l'on s'écarte du rôle de support (instrument de pensée) que devrait jouer la représentation externe dans l'apprentissage des mathématiques. On peut se demander, tout comme le font Bednarz et Janvier (1984), s'il ne serait pas davantage souhaitable de tenir compte des représentations développées par les enfants dans les activités visant la construction de certains concepts et la résolution de problèmes pour redonner à la représentation un rôle véritable contribuant au développement de la pensée mathématique.

Mieux cerner le rôle de l'activité de représentation externe dans la résolution de certains problèmes mathématiques s'avère dans cette perspective essentiel, d'autant que plusieurs enseignants et didacticiens prennent pour acquis qu'elle constitue un apport dans l'activité de résolution de problèmes. Toutefois, rien ne nous confirme ceci, cette activité ayant été peu étudiée. Notre étude veut, de façon plus immédiate, préciser la fonction que joue cette activité de représentation externe et expliciter son dynamisme lorsque produite par des enfants de 6 ans à 12 ans en relation avec la résolution de certains problèmes mathématiques complexes.

**Méthodes de recherche et sources des données**

Les observations et les pistes que nous avons recueillies au cours de recherches passées (Biron, 1984; Bednarz, Janvier, Poirier et Biron, 1984) indiquent que cette fonction jouée par l'activité de représentation externe dans un contexte de résolution de problèmes mathématiques peut être différente dépendant de l'âge du sujet et des habiletés en résolution de problèmes.

**Sélection des sujets**

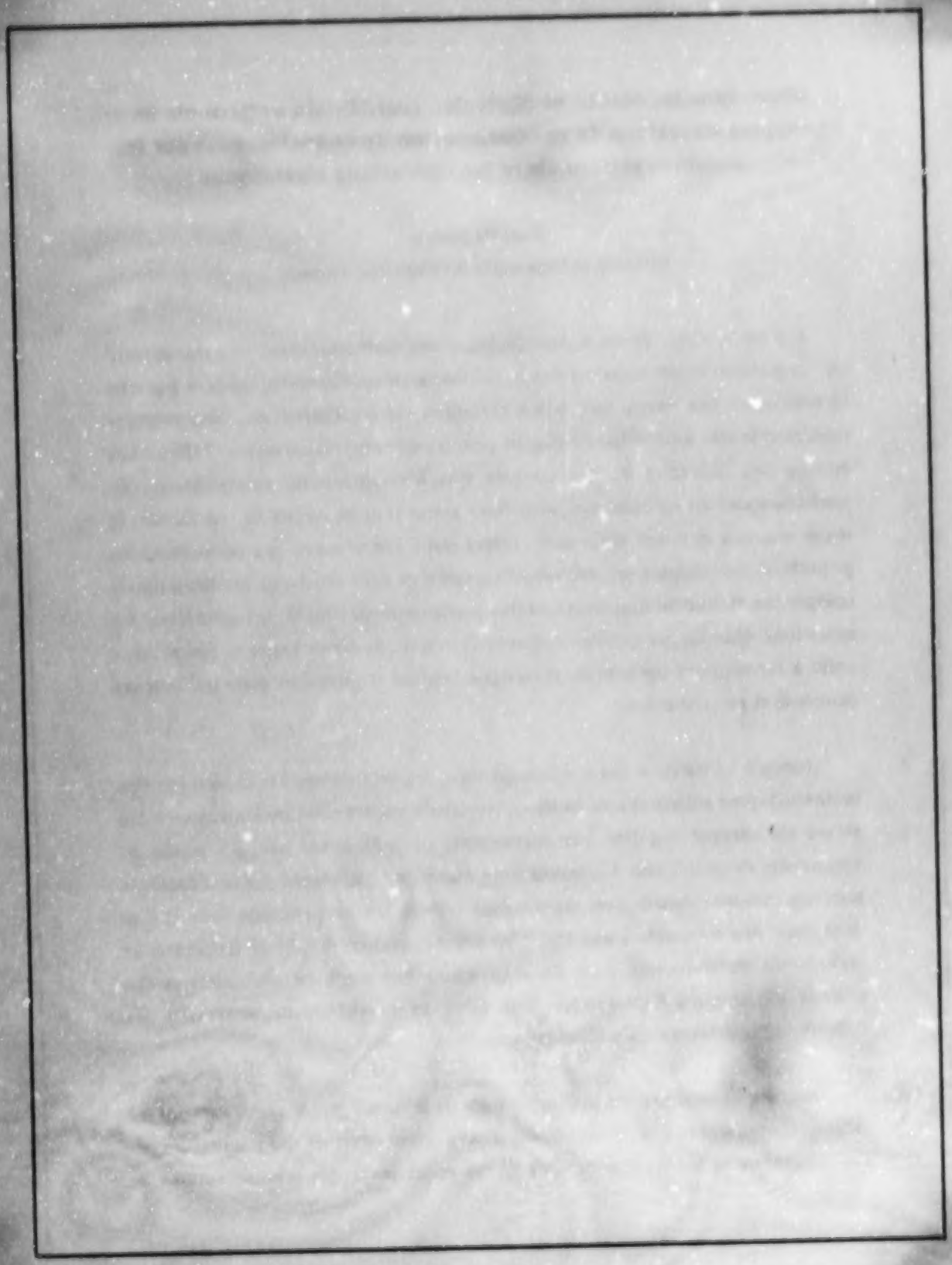
S'inspirant de travaux en résolution de problèmes (Greeno, 1980; Mayer, 1985), trois aspects sont pris en compte dans la caractérisation des habiletés des enfants en résolution de problèmes: la compréhension linguistique, procédurale et conceptuelle. Une épreuve écrite touchant ces éléments a été élaborée pour chacun des niveaux du primaire. Elle a de plus été soumise au préalable à des experts externes et pré-expérimentée auprès d'enfants de la première année à la sixième année primaire. L'expérimentation de cette épreuve a été conduite auprès de trois classes par niveau d'une école de milieu socio-économique moyen.

**Constitution de l'échantillon**

La constitution d'un groupe d'enfants relativement hétérogène a été effectuée à chacun des niveaux du primaire, formé d'enfants représentant différentes habiletés en résolution de problèmes.

**Entrevue individuelle structurée**

Chaque enfant a été soumis à un ensemble de problèmes tirés d'une banque constituée (Bednarz et Janvier, 1984) de problèmes complexes, certains communs d'un niveau à l'autre. Une invitation à représenter le problème (à faire un dessin) a été provoquée par l'animateur. L'analyse du processus de représentation que nous menons actuellement est conduite en relation avec l'âge, les habiletés en résolution de problèmes et le type de problème.



# Micro-monde, conflit et obstacle: ingrédients notionnels de quelques situations de re-construction de connaissances sur les nombres rationnels et les opérations algébriques

**Pascale Blouin**
**CIRADE et Université de Montréal, Canada**

Les recherches récentes en didactique des mathématiques se caractérisent par une vision constructiviste des connaissances en mathématiques et par une identification des déséquilibres qui modulent cette construction, déséquilibres montrant le rôle primordial de l'agent premier de cette construction, l'élève. Les études des obstacles et des conflits qui accompagnent l'élaboration des connaissances en ce domaine permettent avant tout de mieux se représenter le trajet sinueux que doit emprunter l'élève pour abandonner ses connaissances primitives, inadéquates ou restreintes au profit de connaissances mathématiques opératoires et institutionnalisées. Elles permettent également de caractériser les situations didactiques qui contraignent l'élève à choisir ce trajet et fournissent enfin à l'enseignant un modèle didactique original et attrayant mais par ailleurs complexe et peu sécurisant.

Jusqu'à présent, à notre connaissance, les recherches en didactique des mathématiques adhérant à ce cadre conceptuel n'ont été conduites qu'auprès des élèves du secteur régulier d'enseignement ne présentant pas, du moins en apparence, de problèmes d'apprentissage marqués. Intéressés par la didactique spéciale des mathématiques, nous avons adopté les propositions didactiques découlant des recherches sur les rôles des notions de conflit et d'obstacle et élaboré un micro-monde pour l'enseignement des nombres rationnels et des notions algébriques élémentaires à un élève du secondaire III présentant des difficultés importantes en mathématiques.

Diverses situations dans le micro-monde de la tortue graphique LOGO ont été créées. Dans certaines de ces situations, l'élève devait effectuer des prédictions sur les résultats de l'application de procédures engendrant des représentations de

nombres rationnels, de procédures traçant divers polygones réguliers par un traitement algébrique des mesures des côtés de ces polygones ou encore de procédures résolvant des équations algébriques du premier degré. D'autres situations obligeaient l'élève à corriger ou à compléter des procédures similaires aux procédures précédentes afin de produire les résultats attendus. Le recours à ce micro-monde nous permettait mieux qu'un environnement naturel d'interaction avec les pairs d'identifier les connaissances primitives ou fausses, l'élève en difficultés d'apprentissage n'étant pas comme dans un environnement naturel menacé par les réactions de ses pairs et pouvant trouver plus d'intérêt à réagir à l'ordinateur qu'à d'autres élèves ou qu'à des adultes didacticiens.

L'examen des comportements de l'élève et des intervenants "humain" et "ordinateur" vise une identification des obstacles et des conflits rencontrés, surmontés ou au contraire, demeurés chez l'élève présentant des problèmes aussi importants d'apprentissage. Il vise aussi une modification des situations pour une application éventuelle à plusieurs élèves en difficultés d'apprentissage.

# Qu'advient-il des connaissances en mathématiques des enfants au cours de leur première année de scolarité?

**Jacinthe Giroux**
**CIRADE et Université de Montréal, Canada**

La présente recherche se consacre à l'examen des processus de transition entre les savoirs informels et les savoirs institutionnels chez quelques élèves de première année primaire. Comme le souligne Meisaner (1986), les conflits qui modulent ces processus prennent source dans les connaissances intuitives ou les conceptions primitives développées dans un cadre naturel, connaissances et conceptions qui s'opposent souvent aux connaissances institutionnelles en développement. Comprendre ces processus ne peut se réduire à une identification des étapes d'élaboration du savoir; ce n'est que par l'examen des conflits et des obstacles constitutifs de ce savoir que cela est possible.

Les conflits et les obstacles chez tous les élèves, mais particulièrement chez les enfants de première année, sont de nature variée: connaissances intuitives, conceptions primitives, connaissances institutionnelles incomplètes, fausses ou limitées. Ces conflits et ces obstacles peuvent différer chez les enfants provenant d'un même milieu socio-culturel et probablement davantage chez les enfants de milieux socio-culturels différents. Il importe donc de cerner ces différences et d'en analyser le rôle dans le développement des connaissances mathématiques.

Cette recherche a pour objectif général d'identifier et de préciser les processus de construction des connaissances mathématiques liées aux concepts de nombre et d'opérations chez quelques enfants de milieux socio-culturels favorisé et défavorisé, inscrits en première année. Cette recherche ne peut fournir des réponses à l'échec scolaire en milieu défavorisé, toutefois, elle peut permettre de renouveler le débat quant aux facteurs explicatifs de l'échec scolaire en milieu défavorisé.

Une recherche à caractère longitudinal est effectuée. Considérant ce choix, l'analyse de type qualitatif des comportements est retenue. Des entrevues de type clinique auprès de 9 sujets de milieu défavorisé et 9 sujets de milieu favorisé sont réalisées pour l'étude des processus de construction des connaissances. Trois phases d'expérimentation sont conduites au cours de l'année, soit en novembre, février et mai. Chacune des phases d'expérimentation comprend une évaluation générale à partir d'un ensemble d'épreuves présentées à tous les sujets. Les connaissances induites lors de l'analyse qualitative des comportements des sujets à cette évaluation permet la sélection de 3 sujets-cibles dans chacun des milieux, sujets qui participeront à l'évaluation complémentaire. Chaque sujet-cible se voit proposer des épreuves informelles différentes, construites en fonction de ses comportements à l'évaluation générale. Cette évaluation complémentaire permet au sujet-cible d'appliquer ses connaissances dans des situations nouvelles, situations qui peuvent permettre l'émergence d'un conflit cognitif ou l'identification d'obstacles.

# Obstacles inhérents à l'utilisation du symbolisme en mathématiques

**Ahmed Daffa**

**CIRADE, Université du Québec à Montréal (Canada)**

L'histoire des mathématiques semble nous indiquer que le recours à un symbolisme donné peut enfermer dans une certaine conception qui bloque la production de la connaissance à un moment donné. A ce moment-là, le symbolisme devient donc un obstacle épistémologique au développement du concept. L'obstacle épistémologique constitue une barrière à l'élaboration d'une notion donnée, de sorte que son rôle est considérable en pédagogie, dans la construction même de cette notion.

Cet obstacle du symbolisme a été retrouvé dans les productions des élèves dans le cas de la notion de limite (Sierpinska, 1983). D'après Sierpinska, le symbole de la limite introduit par Cauchy peut être traité, d'une part, comme symptôme d'obstacle dans le développement historique de la pensée mathématique, l'obstacle épistémologique étant la "tendance à algébriser l'analyse" et, d'autre part, comme source d'obstacles dans la construction individuelle de la notion de limite au cours d'un apprentissage et alors, il est considéré davantage comme obstacle didactique.

Nous essaierons, à travers l'histoire des mathématiques, de retracer des exemples d'obstacles inhérents à l'utilisation du symbolisme (dérivée, limite, calcul intégral) et d'élaborer un questionnement, suite à cette étude, relatif au problème posé par le développement du symbolisme en mathématiques.

A titre d'exemple, le calcul scripturaire (substitution au raisonnement sur les choses d'une opération sur les signes), dont la légitimité a été reconnue grâce à Leibniz, était presque inconnu chez les Grecs. En effet, d'après les historiens, la nature phonétique de l'écriture et l'inexistance d'une numération de position étaient un obstacle pour les Grecs à traduire leurs mathématiques en algorithme.

# Conceptions des élèves et des professeurs à propos de la notion de continuité d'une fonction*

**Habiba El Bouazzaoui**
**Ecole Normale de Rabat, Maroc**

Cette recherche vise à étudier les conceptions manifestées par les élèves et les professeurs marocains de la fin du secondaire à propos de la notion de continuité (simple) d'une fonction. De façon à mieux atteindre nos objectifs, nous avons au début cherché à décrire l'évolution des conceptions dans la genèse de cette notion, de même que les conceptions qu'en ont véhiculé les manuels scolaires au Maroc depuis 1945. L'étude historique a permis d'identifier 8 conceptions différentes, des Grecs jusqu'à nos jours, ainsi que des obstacles épistémologiques qui expliquent leur évolution.

Pour l'étude des conceptions (induites) des élèves, nous avons utilisé conjointement trois moyens: l'administration d'un questionnaire à 311 élèves provenant de 10 classes des deux dernières années du secondaire au Maroc; l'organisation de débats dans chacune des dix classes à propos des réponses obtenues au questionnaire; la réalisation d'entrevues individuelles avec cinq élèves de chaque classe. Les réponses oui-non au questionnaire et les 25 "critères de justification" relevés ont été traités par analyse factorielle des correspondances et par analyse hiérarchique de Lerman; les premières ont aussi été soumises à une analyse implicative de Gras.

Pour étudier les conceptions manifestées par les professeurs, nous avons interviewé longuement 20 professeurs, soit les 10 enseignants des dix classes expérimentales d'élèves et 10 autres professeurs enseignant aux mêmes niveaux, en cherchant à distinguer les conceptions propres des professeurs de celles qu'ils véhiculent en enseignant. Pour chaque question posée, nous avons analysé les réponses obtenues. Nous avons également tenté de tracer le profil épistémologique de chacun des vingt professeurs.

Il se dégage de cette étude qu'en général les élèves et les professeurs manifestent simultanément plusieurs conceptions (adéquates ou erronées) d'une fonction continue. La conception dite géométrique et globale est de loin la conception adéquate la plus manifestée par les élèves et les professeurs, mais en même temps le principal obstacle qu'ils rencontrent. Les conceptions des élèves le plus souvent identifiées ne sont pas du tout celles que tentent de véhiculer les enseignants et les manuels; en fait, la plus fréquente est une conception erronée ("une fonction est continue sur A parce qu'elle est définie en tout point de A")! Pour beaucoup d'élèves, les définitions formelles de la continuité qu'ils récitent semblent avoir peu de signification. Plusieurs professeurs ont des conceptions peu différentes de celles des élèves; certains ne manifestent même pas les conceptions qu'ils sont censés véhiculer en classe. Beaucoup d'élèves et quelques professeurs semblent avoir une piètre compréhenaion de la notion générale de fonction.

Les résultats de cette étude peuvent être utiles entre autres pour l'élaboration de situations d'apprentissage favorisant l'évolution des conceptions de la continuité d'une fonction chez les élèves.

---

* Cette étude a été réalisée dans le cadre d'un doctorat en didactique des mathématiques préparé sous la direction du professeur Claude Gaulin à l'Université Laval et soutenu publiquement en janvier 1988.

# Construction de notions algébriques élémentaires chez des élèves de sixième année: examen des obstacles et des conflits

**Jocelyne Lambert**
**CIRADE et Université de Montréal, Canada**

La présente recherche se situe dans le cadre théorique et expérimental des études réalisées sur la nature de l'algèbre et plus particulièrement sur les processus de construction de notions algébriques. L'algèbre vue dans une perspective constructiviste est le prolongement de l'arithmétique. Quels sont les événements cognitifs qui marquent cette période de transition au cours de laquelle les connaissances arithmétiques se transforment et se coordonnent dans un système formel et algébrique? Les études antérieures (Matz, 1980; Bernard, 1982) montrent que les erreurs produites en algèbre proviennent de l'absence de changements conceptuels et de règles d'extrapolation inadéquates. Quel est le rôle des connaissances arithmétiques dans la production de ces erreurs? Peuvent-elles être sources d'obstacles et de conflits dans l'acquisition de connaissances algébriques.

L'étude actuelle a pour but d'identifier les transformations successives que subissent les connaissances arithmétiques dans cette période de transition de l'arithmétique à l'algèbre et les conflits et les obstacles qui surviennent et qui relèvent de connaissances arithmétiques antérieures.

Dans l'atteinte de ces objectifs, nous utilisons une méthode d'apprentissage tenant compte des connaissances arithmétiques et facilitant par un renversement didactique la transition de l'arithmétique à l'algèbre (Herscovics, 1979; Kieran, 1979). Cette méthode est appliquée auprès de 6 élèves de sixième année, non initiés à l'algèbre, et dont les performances académiques sont nettement supérieures à celles des élèves de leur classe. Des épreuves d'évaluation portant sur les connaissances arithmétiques et sur la notion de valeur symbolique sont présentées en pré-test et post-test à chacun de ces sujets.

L'analyse des comportements montre que les difficultés, les conflits et les obstacles rencontrés par les sujets lors de la construction des notions algébriques proviennent en majeure partie de leur compréhension limitée et peu opératoire des opérations arithmétiques et des fractions. Notre recherche nous amène enfin à nous interroger sur la pertinence des méthodes d'enseignement et des situations didactiques généralement proposées aux élèves dans l'enseignement des opérations arithmétiques et des fractions.

# Obvier à l'orthographe française?

**Georges Farid**
**Université du Québec à Hull, Canada**

L'objectif de notre présentation consiste à discerner les innombrables difficultés de l'orthographe française, à comprendre pourquoi celle-ci apparemment ne se laisse pas apprendre sans problèmes, et à chercher les solutions possibles à court ou à long terme.

Selon Valéry: "L'absurdité de notre orthographe, qui est, en vérité, une des fabrications les plus cocasses du monde, est bien connue." Certes, si l'orthographe grammaticale comporte maintes règles pour justifier l'orthographe, elle n'en contient pas moins d'exceptions qui se multiplient davantage avec l'orthographe lexicale ou d'usage:

- Pourquoi "apporter" mais "emporter"; "jette" mais "jeter"?
- Pourquoi "gentiment" mais "précédemment"; "aimablement" mais "prudemment"?
- Pourquoi "donneur" mais "donateur"; "entonner" mais "tonalité"?
- Pourquoi "vous trouverez ci-inclus la lettre" mais "vous trouverez la lettre ci-incluse"?
- Pourquoi "ils se sont lavés" mais "ils se sont lavé les mains"?

Ajoutons à ces problèmes le fait qu'il existe:

- des homonymes grammaticaux: à/a; ce/se; on/ont; son/sont; mon/m'ont; tes/t'es/t'est/t'ai; la/l'a/l'as/là ...
- des homonymes lexicaux: coeur/choeur; clore/chlore; cou/coup/coût; cour/cours/court ...

Si Valéry avait raison, autant abandonner l'apprentissage de l'orthographe. Cependant Thimonnier suggère des règles et des solutions aux "pseudo-anomalies" précédentes.

La complexité de notre système graphique réside - à part les nombreuses exceptions aux règles, les homonymes, les emprunts à d'autres langues - dans le fait que le français utilise 36 phonèmes rendus par 99 graphèmes qui se répartissent en 26 graphèmes simples, i.e. les 26 lettres de l'alphabet, et en 73 graphèmes composés de 10 lettres comportant un signe auxiliaire (â, ç, é, è, ê, ë, î, ï, ô, û) et 63 groupes du genre "ou, an, in, ein, ph, ch, eau...". Ajoutons à cela les lettres quiescentes et arrêtons-nous là.

Au regard des difficultés ou des problèmes susmentionnés, il importe de classifier les erreurs qui relèvent tantôt de l'aspect épistémologique de la langue française, tantôt de l'aspect socio-cognitif dans le développement et l'élaboration des concepts ou des notions. A titre d'exemple, nous essaierons de démontrer comment:

- les erreurs d'ordre phonétique (influence de langue orale) peuvent se refléter dans la transcription écrite erronée et relever de l'aspect socio-cognitif; de même pour les erreurs sémantico-grammaticales qui sont reliées à des facteurs socio-cognitifs (interpersonnels, intrapersonnels);

- les erreurs lexicales et grammaticales relèveraient à la fois de l'aspect socio-cognitif et épistémologique: difficulté de la compréhension des concepts, de la mise en application des règles par le sujet et la présence de points scientifiques de langage inhérents à celui-ci et établis arbitrairement, synchroniquement ou diachroniquement par les usagers de la langue, et ce, à part les racines latines, grecques... qui compliquent les règles de la langue française.

La classification des erreurs dans l'un et/ou l'autre des aspects précédents permettra éventuellement de remédier aux problèmes orthographiques dans une perspective susceptible de répondre à des besoins didactiques.

# Vers un système expert de reconstruction de la formation de base des étudiants en sciences de l'éducation

**Jan Palkiewicz**
**Université du Québec à Montréal, Canada**

La formation universitaire implique une formation scientifique, une formation professionnelle et une formation culturelle. Cette triple formation s'appuie sur une formation de base, méthode générale de pensée et d'action (Palkiewicz, 1987) qui, en principe, aurait dû être acquise aux niveaux précédents. Or, un grand nombre d'étudiants ne semble pas posséder cette préparation. Avant de leur proposer un système expert de reconstruction de cette formation à la pensée, il nous semblait nécessaire d'identifier certains obstacles épistémologiques à contourner (Bachelard, 1938).

La pensée est un phénomène mental pouvant être décrit à l'aide d'opérations, de produits de ces opérations (les connaissances) et des conditions de cette production (Bayer, 1988). Certaines épistemologies strictement logico-mathématiques, comme celle de Reichenbach (1938), de Salmon (1970) ou de Popper (1972) excluent les opérations mentales du champ épistémologique. D'autres épistémologies, comme celle de Prigogine (1980) et de Blackwell (1980) considèrent que:

> Knowing is an action performed by a person who possesses many characteristics upon which the knowledge is dependent... any act of knowing is located in a hierarchy of structures or properties in the human person... his physical and chemical composition... biological structures... the realm of values... (Blackwell, 1980, p. 103).

Pour nous, la reconstruction de la connaissance se situe au niveau des opérations de la saisie de données, des opérations d'organisation et de conceptualisation, des opérations de vérification, de justification et des opérations de décision (Lonergan, 1978). Ces opérations étant celles d'un sujet conscient sont conditionnées par certains traits de caractère génétiquement

déterminés (Grieger, 1952). Quelques-uns de ces derniers, comme par exemple le dogmatisme, constituent des obstacles épistémologiques et non des obstacles psychologiques ou didactiques.

L'étude de ces obstacles se fera par une méthode corrélationnelle associant certains traits à la performance dans des stratégies validées de raisonnement probabiliste, proportionnel, compensatoire, corrélationnel, etc. et débouchera sur des propositions de régulation métacognitive si les corrélations s'avèrent statistiquement significatives.

**Bibliographie**


Bachelard, Gaston (1938). La formation de l'esprit scientifique, Paris, Vrin.

Beyer, Barry K. (1988). Developing a thinking skills program, Toronto, Ed. Allyn and Bacon, Inc.

Blackwell, R. (1980). In defense of the context of discovery, in Revue internationale de Philosophie, nº 131-132.

Greiger, Paul (1950). L'intelligence et l'éducation intellectuelle, P.U.F.

Lonergan, Bernard (1978). Pour une méthode en théologie, Montréal, Fides.

Palkiewicz, Jan (1987). Vers un système expert de formation de base, à paraître dans Revue canadienne d'éducation.

Popper, Karl (1972). Epistemology without a knowing subject, in Popper's objective knowledge: an evolutionary approach, Oxford, Clarenders Press.

Prigogine, Ilya et Stengers, Isabelle (1980). Le problème de l'invention et la philosophie des sciences, in Revue internationale de Philosophie, nº 131-132.

Reichenbach, Hans (1938). Experience and Prediction, Chicago, The University of Chicago Press.

Salmon, C. Wesley (1970). Bayer's theorem and the History of Science, Minnesota Studies in the Philosophy of Sciences, Minneapolis, University of Minnesota Press, Vol. V.


**Remarques**

Obstacle épistémologique: Ce qui nuit à la reconstruction de la connaissance
Obstacle psychologique: Ce qui nuit à la réalisation des opérations mentales
Obstacle didactique: Ce qui nuit à la relation enseignement-apprentissage

## Construction de la notion d'adversaire et conflit socio-cognitif dans l'apprentissage des sports de combat

**Catherine Garnier, CIRADE, département de kinanthropologie, UQAM**
**Dominique Masciotra, CIRADE, Université du Québec à Montréal, Canada**

Le combattant, dans les sports de combat, est en opposition directe avec un adversaire dont il a une conception générale, laquelle doit être transformée en raison de la spécificité de son adversaire actuel. C'est seulement lorsque la conception générale ne permet pas de répondre adéquatement à la situation dans laquelle il se trouve, que le combattant est réellement incité à faire évoluer son mode de fonctionnement cognitif.

Après une mise en situation et selon un protocole de cinq thèmes, l'interrogation de 17 combattants, débutants et non débutants, a permis de savoir comment, suivant les niveaux d'évolution qu'ils ont atteints, ils sont capables d'une plus ou moins grande décentration. Ces cinq thèmes ont été choisis d'après les notions constitutives de la relation à l'adversaire et qui sont: la coordination attaque/défense, la garde, la distance, la mobilité et le rythme.

Une grille d'analyse a ensuite été élaborée en fonction du cadre théorique socio-constructiviste. Le but de ce système est d'analyser les cinq thèmes selon trois niveaux cognitifs, soit la sensation, la perception et l'imagination, afin de pouvoir mettre en évidence la façon dont le combattant traite le rapport conflictuel et la conception qu'il s'en fait, mais aussi de mieux comprendre quelles sont les barrières ou les impossibilités qu'il est capable de reconnaître et de maîtriser ou de ne pas maîtriser.

Les résultats obtenus montrent que les débutants et les non débutants présentent des niveaux cognitifs significativement différents en ce qui concerne les notions de garde, distance et coordination attaque/défense. L'analyse qualitative met par ailleurs en évidence la non simultanéité du développement des différentes notions ainsi que les barrières souvent infranchissables dont le débutant est quelquefois conscient et qui semble se situer au moment charnière des possibilités de changement cognitif.